



Bautenschutz und Folgeschäden

von Bernhard Nydegger

Wenn an historischer Bausubstanz von Bautenschutz gesprochen wird, ist das Thema Wasser, d.h. Meteorwasser, Kapillarwasser, Kondenswasser, Grundwasser und Dachwasser, dominant. Zwei Themen aus dem Bereich des Bautenschutzes und mögliche Folgeschäden im Zusammenhang mit Wasser sollen im Folgenden aus der Praxis der Bauschadenanalysen an historischer Bausubstanz beleuchtet werden: Einerseits sind dies Protektionsinterventionen durch Hydrophobierungen und hydrophobe Anstrichmaterialien und andererseits Sanierputze im Bereich der Sockel- und Kellersanierung.



Hydrophobierungen sind als Material normierbar. In der Anwendung an historischer Bausubstanz mit nichtnormierbaren Untergründen sind die Wirkung und das Zusammenspiel des Untergrundes mit der Intervention nicht normierbar. Die Symbiose eines normierten Materials, das auf einem nichtnormierten und nichtnormierbaren Untergrund appliziert wird, ergibt zwingend ein nichtnormierbares Gesamtergebnis.

Sanierputze sind normierbar. Die Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege WTA, das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP und andere Institutionen bemühen sich um die Normierbarkeit.

In den IBP-Mitteilungen 441 unter dem Titel «Normenwirrwarr bei der Bestimmung von feuchtetechnischen Materialkennwerten» zeigen C. Fitz und M. Krus die Problematik der Normierbarkeit auf. Bei der Verarbeitung von Sanierputzen müssen unbedingt die technischen Merkblätter beachtet werden. Die Applikation erfordert eine normierte Materialaufbereitung, bestimmte Witterungsverhältnisse, vorgegebene Untergrundbeschaffenheit, definierte Applikationsabfolgen und -techniken sowie vorgeschriebene Nachbearbeitung. Wann immer – trotz Einsatz von Sanierputzen – Sockelschäden entstehen, sind in erster Linie die Verarbeitungstechniken in der Kritik.

Das Material ist allenfalls normierbar, der Untergrund und die Applikation sind es meist nicht. Das Gesamtergebnis kann keiner Norm entsprechen.

Hydrophobierungsschäden

Hydrophobierungsschäden häufen sich. Nicht immer und überall sind Hydrophobierungen das geeignete Bautenschutzmittel – auch wenn die Werbeunterlagen, die den Berufsleuten zur Verfügung stehen, dies suggerieren. Dazu zählen auch technische Merkblätter der Anbieterfirmen, aus denen dieser Schluss abgeleitet werden könnte. Die Vor- und Nachteile einer Hydrophobierung sollen deshalb im Folgenden sachlich und objektiv geprüft werden.

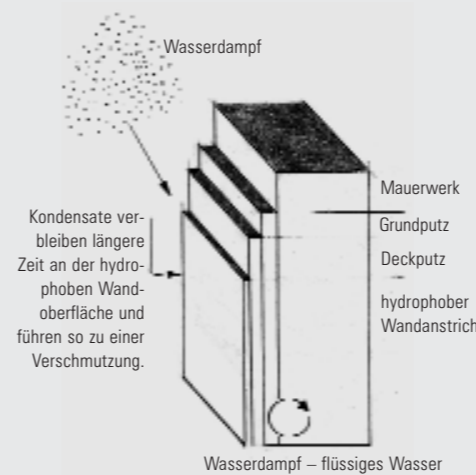
Warum hydrophobieren?

Hydrophobierte Baustoffe sind Wasser abweisend. Die kapillare Wasseraufnahme wird unterbunden oder zumindest stark reduziert. Die inneren Poren des Baustoffes werden mit den hydrophoben Wirkstoffen belegt, ohne diese zu verschliessen, so dass die Diffusionsfähigkeit für Wasserdampf und damit alle gasförmigen Stoffe erhalten bleiben.

Die meisten am Markt befindlichen Hydrophobierungsmittel bestehen aus einem Gemisch mehrerer Wirk- und diverser Hilfsstoffe: Alkoxysilane, Alkoxysiloxane sowie Alkalisiliconate (siehe Box). Die Wirkstoffgruppen der Silane, Siloxane, Siliconharze sowie deren Gemische haben grundsätzlich dieselben Wirkungsprinzipien.

Hydrophobierungen werden als Materialien für Bautenschutz mit folgenden Argumenten angeboten und empfohlen:

- keine Wasserschäden
- keine Frostschäden
- geringe Verschmutzung
- reduzierter Eintrag von Salzen



- längere Gebrauchstauglichkeit der Oberflächen
- einfachere Oberflächenreinigung
- keine Algenbildung

Trotz der unbestrittenen Vorzüge dieser Bautenschutztechnik ist es angebracht, die selten angesprochenen und weniger verkaufsförderlichen Argumente zusammenzutragen und kritisch zu würdigen. Die absolute Aufmerksamkeit der Anbieter von hydrophoben Anstrichstoffen, Imprägnierungen und Deckputzen richtet sich auf die Verhinderung der Wasseraufnahme der Baustoffe. Die Praxisrealität jedoch schliesst Risse, Anschlussfugen und Materialübergänge nicht aus: Meteorwasser kann hinter die Hydrophobierung gelangen.

Grundsätzliche Überlegungen zu Hydrophobierungen im Fassadenbereich

Der Feuchtetransport im Verputz erfolgt einerseits durch Diffusion von Wasserdampf, andererseits durch Transport von flüssigem Wasser in den Kapillaren. Unterstützt durch die kapillaren Saugkräfte ist der kapillare Wassertransport um Grössenordnungen leistungsfähiger als die reine Wasserdampfdiffusion. Ein nasser Verputz saugt somit, ähnlich einem nassen Schwamm, nachfolgendes Wasser besser auf als ein trockener.

Wirkungen der Hydrophobierung

Um die Benetzung des Verputzes über die bewitterte Oberfläche zu verhindern, wird häufig ein Anstrichsystem empfohlen, das, im Gegensatz zu rein mineralischen Binde-

mitteln, hydrophob ist. Die Hydrophobierung verringert das Eindringen von Wasser in flüssiger Form, erlaubt aber die Diffusion von Wasserdampf.

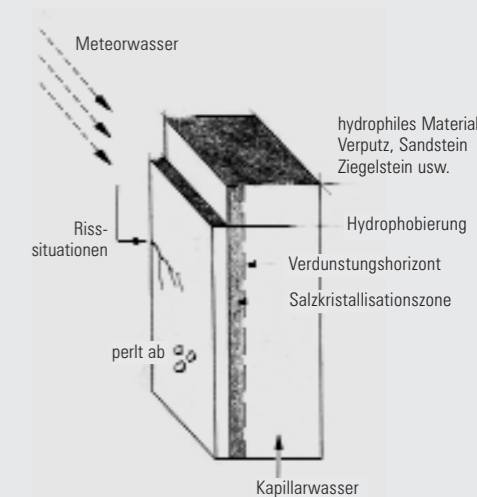
Da das Meteorwasser aber dennoch über Verputzrisse und Gewändeanschlüsse eindringen kann, saugt sich der Verputz an exponierten Stellen von innen voll. Die hydrophobierte Oberfläche behindert nun das Austrocknen des Verputzes. Das flüssige Wasser staut sich in den Kapillaren hinter der Oberfläche, während die dünne Oberflächenschicht trocken bleibt, da sie nur für Wasserdampf durchlässig ist.

Damit behindert die hydrophobierte Oberfläche die Austrocknung erheblich. Eine Karbonatisierung eines kalkhaltigen Mörtels ist nur zeitverzögert möglich, da wassergefüllte Poren das Eindringen von CO₂ verringern oder gar verhindern.

Mechanismus der Eisbildung unter der hydrophobierten Oberfläche

Bei Frost kühlt die trockene Oberfläche relativ rasch unter den Gefrierpunkt ab. Dahinter, in den ersten, mit flüssigem Wasser gefüllten Poren, kommt die Abkühlung vorerst zum Stillstand, weil die Eisbildung sehr viel Kälte konsumiert.

Es bilden sich auf einer Ebene parallel zur Oberfläche zahlreiche Eiskristalle, während die darunter liegende Schicht noch lange in einer Temperatur knapp über dem Gefrierpunkt verharrt. Während dieser Zeit strömt über die Kapillaren Wasser aus dem Untergrund in die eisbildende Zone nach, wo sich die kleinen Eiskristalle parallel zur Oberfläche ausbreiten und damit die für



Frostschäden erforderliche Sprengwirkung erreichen.

Ursachen und Wirkungen von hydrophoben Wand- und Decken-anstrichen in Kirchen

Ausser den bekannten Verschmutzungsparametern wie Lüftung, Heizung, stossweisem Feuchtigkeitseintrag usw. sind zu einem grossen Teil die Eigenschaften der hydrophoben Anstriche für die schnelle und heftige Verschmutzung in Kirchenräumen verantwortlich.

Die hydrophoben Eigenschaften der Oberflächenbeschichtungen erlauben zwar, dass Wasserdampf in genügendem Umfang durch das Anstrichpaket diffundieren kann, flüssiges Wasser in Form von Kondensat perlt ab. Um die Vorteile eines wasserdampfdiffusionsoffenen Anstrichs mit hoher Abriebfestigkeit zu erreichen, werden häufig hydrophobierte Anstriche in Kirchen angewendet.

Nebst den erwähnten Vorteilen dieses Anstrichsystems sind auch dessen Nachteile auszumachen: Der wesentlichste Nachteil, der auch die Verschmutzung ausserordentlich begünstigt, liegt in der hydrophoben Oberfläche. Wenn die Heizung in einer Kirche angefahren wird, steigt wohl die Raumtemperatur, aber die Wand- und Deckenoberflächen bleiben kalt. Während der Benutzung entwickelt sich eine hohe Feuchtigkeit, die an den Wand- und Deckenoberflächen kondensiert.

Dieses flüssige Wasser vermag nicht in den Anstrich- oder Verputzquerschnitt einzudringen, sondern benetzt die Oberfläche.

Abplatzen der hydrophoben Schicht.



Das Wasser verbleibt dort, bis es verdunstet. Während der Zeit der Oberflächennässe bleiben sämtliche Staub- und Russpartikel an den Wand- und Deckenflächen kleben und fördern die Verschmutzung nachhaltig.

Wenn das Kondenswasser in den Anstrich- und Verputzquerschnitt einzudringen vermag, kann die Oberfläche bei konsequenter Nachlüftung schnell abtrocknen. Die Verdunstungszone wandert nach innen, was die Dauer der Oberflächennässe drastisch reduziert. Dies hat zur Folge, dass der Zeitraum bis zu einer negativ in Erscheinung tretenden Verschmutzung deutlich ausgeweitet wird.

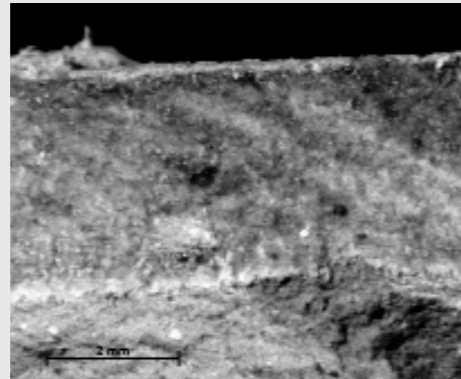
Konsequenzen der angestellten Überlegungen

Um zu einer für das Objekt optimierten Lösung zu kommen, muss die Absicht, durch Hydrophobierungen die Bausubstanz langfristig einer besseren Gebrauchstauglichkeit zuzuführen, die Evaluation der Vor- wie auch der Nachteile beinhalten. Die werbe-technisch im Vordergrund stehenden Vorteile können die Entscheidungsfindung erschweren.

Wenn hydrophobiert werden soll, gilt es folgende Punkte zu beachten:

- Unterliegen hydrophoben Oberflächen hydrophile Materialien, muss bedacht werden, dass eindringendes Meteorwasser hinter die Hydrophobierung gelangt und bevor es verdunsten kann, je nach Jahreszeit, diverse Frostzyklen erlebt – Ausdeh-

Eindringen der Hydrophobierung, Kristallisationszone.



nungspotenzial von flüssigem Wasser zu Eis rund 10 Volumenprozent.

- Durchfeuchtete Baustoffe verfügen über ein reduziertes, kapillares Wirkstoffaufnahmevermögen.
- Wirkungskonzentration und Löse- oder Verdünnungsmittel sollten objektspezifisch optimiert selektioniert werden.
- Die Eindringtiefe und der Wirkungsgrad sollten an einer Musterfläche untersucht werden.
- Eine Musterfläche kann auch Aufschluss über das notwendige Arbeitsvorgehen geben: Verarbeitungshinweise, Auftragsmenge, Kontaktzeit, Anzahl der Arbeitsgänge, Zeitabstände zwischen den Applikationen. Eine hydrophobe Oberfläche zu erreichen, ist einfach – sie beeindruckt visuell. Eine längerfristig schadfreie, funktionstaugliche Hydrophobierung hingegen ist wesentlich schwieriger zu realisieren.

Sanierputz – was wird saniert? Sanare = heilen – was wird geheilt?

Da bei Sockelsanierungen, auch an historischer Bausubstanz, häufig Sanierputze empfohlen werden, sei kurz auf die Vor- und Nachteile von Sanierputzen hingewiesen.

Die Sanierputze, die angetragen werden, verfügen über ein hohes Porenvolumen. Dieses Porenvolumen soll die kristallisierenden Salze aufnehmen und die damit verbunden Volumenvergrößerung und Druckentwicklungen im Porenvolumen abbauen.

Hydrophobe Anstriche behindern die Austrocknung.



Sanierputze sind hydrophob ausgerüstet und mit einem hohen Anteil an hydraulischen Bindemitteln versehen, meist mit Zement rezeptiert. Die Austrocknung soll über die hohe Dampfdiffusion gewährleistet werden.

Aufgrund der bauphysikalischen Eigenschaften der Sanierputze kann Kapillarwasser nur sehr beschränkt in das Sanierputzsystem eindringen. Dieser Kapillarwasserstau – wenn nicht gar von einer Sperre gesprochen werden kann – verursacht eine Aufweitung des hinter dem Sanierputz liegenden Verputzes und des Mauerwerks.

Flüssiges Wasser transportiert Salzionen. Wasserdampf lässt sämtliche Salze in der Verdunstungszone in kristalliner Form zurück. Wohl ist das Sanierverputzsystem für Wasserdampf diffusionsoffen, jedoch für flüssiges Wasser von aussen und innen reduziert diffusionsoffen bis undurchlässig.

Werden Kapillarwässer aus Mauerfuss, Mauerfundamentflanke oder Kondensfeuchtigkeit aus falsch belüfteten Kellern in die Sockelzone transportiert, ist der Kapillarwassernachschub im Verhältnis zum Austrocknungspotenzial durch die Sanierputze insbesondere in den der Sonne abgewandten Expositionen und in der Winter- oder den Übergangszeiten derart viel grösser, dass eine höhere Sockelzone durchfeuchtet wird. Dieses Höhersteigen des Kapillarwassers hinter dem Sanierputz kann Balkenköpfe, Sandsteingewände oder über dem Sanierputz liegende Verputzflächen erreichen.

Feuchtigkeits hinterwanderung eines dichten Sockelputzes.



Da die Verdunstungszone mit der Schadenzone identisch ist, werden durch solche gut gemeinten Interventionen oft keine Probleme gelöst, sondern erst recht welche geschaffen.

Sockelschäden ohne Sanierputze sind terrainnah und mittelfristig erkenn- und reparierbar. Sockelschäden mit Sanierputzen sind höher über Terrain und mittelfristig nicht erkennbar, jedoch mit nachhaltigem Schadenpotenzial für Sandsteine, Balkenköpfe, Schwellenbalken usw. verbunden.

Die Überlegungen, wie Wasser vom Mauerwerk ferngehalten werden kann, waren immer schon Bestandteil der Regeln der Baukunst. Die Bauchemie und deren Produkte, die darauf abzielen, die Feuchtigkeit mittels hydrophober Interventionen von der historischen Bausubstanz fernzuhalten, lassen gerne vergessen, dass Wasser, welches trotz allem in das Mauerwerk gelangen kann, möglichst schnell austrocknen können muss.

Dies ist aber nur erschwert und verzögert der Fall, da hydrophobe Interventionen keine Einbahnstrassen darstellen, sondern beidseitig identisch wirken, und Hinterfeuchtungen langfristig zu Schäden, die nicht oberflächlich durch einen einfachen Unterhalt in Stand zu stellen sind, führen können.

Interventionen in problematischen Sockelzonen an historischer Bausubstanz sollten vor allem unter folgendem Aspekt begutachtet werden: Wie verursachen wir keine Schäden durch die Schadenbehebung?

Résumé

Bernhard Nydegger illustre, sous l'angle de sa pratique de l'analyse des dégâts causés à la substance de bâtiments historiques, deux sujets tirés du domaine de la protection des bâtiments et des dégâts éventuels dus à l'eau: premièrement les interventions protectrices par hydrophobation et matériels de peinture hydrophobes, deuxièmement les enduits réalisés dans l'assainissement des soubassements et des caves.

Comme le montre l'auteur, les hydrophobations ne sont pas toujours le moyen adéquat, même si les prospectus publicitaires mis à la disposition des professionnels le suggèrent. Bien au contraire: les avantages et les inconvénients d'une hydrophobation doivent être examinés matériellement et objectivement dans chaque cas. Car s'il est facile d'obtenir une couche supérieure hydrophobe, il est sensiblement plus difficile de réaliser une hydrophobation fonctionnelle qui ne soit pas dommageable à long terme.

Dans le cas de l'assainissement des soubassements, y compris de bâtiments historiques, on recommande souvent des enduits. L'auteur expose les forces et les faiblesses de ces interventions et conseille de juger des assainissements dans l'optique suivante: comment ne pas provoquer de dégâts en réparant les dégâts?

Weiterführende Literatur

Blaich, Jürgen, *Bauschäden Analyse und Vermeidung*; EMPA, Dübendorf 1999.

Dettmering, Kollmann, *Putze in Bausanierung und Denkmalpflege*, Verlag Bauwesen, Berlin 2001.

Frössel, Frank, *Lexikon der Putz- und Stucktechnik*, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 1999.

Petzet, Michael, *Historische Architekturoberflächen*, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, München 2003.

Rusam, Horst, *Anstriche als Beschichtungen für mineralische Untergründe*, Expert Verlag, Ehningen 2002.

Weber, Helmut, *Mauerfeuchtigkeit. Ursachen und Gegenmassnahmen*, Expert Verlag, Ehningen 1988.

Weber, Helmut, *Fassadenschutz und Bausanierung*, Expert Verlag, Ehningen 1988.

Weinmann, Kurt, *Handbuch Bautenschutz*, Band 2, Expert Verlag, Ehningen 1992.

Hydrophobierungsmittel

Die meisten am Markt befindlichen Hydrophobierungsmittel bestehen aus einem Gemisch mehrerer Wirkstoffe und diverser Hilfsstoffe.

Alkoxysilane (Silane genannt)

Unter dem Sammelbegriff Silane werden im Bautenschutz die Alkylalkoxysilane verstanden, während «anhydrosilisierte Silane» wiederum eher zu den Alkylalkoxysiloxanen gehören. Gehandelt werden sie:

- gelöst in wasserfreien Alkoholen (z.B. Isopropanol)
- gelöst in aliphatischen Lösemitteln
- emulgiert in Wasser (z.B. das Triethoxyoctylsilan)

Alkoxysiloxane (Siloxane genannt)

Es gibt oligomere und polymere Siloxane, gross- oder kleinemolekulare Verbindungen. Gehandelt werden sie:

- gelöst in aliphatischen Lösemitteln
- emulgiert in Wasser
- als Microemulsionskonzentrat (Silane und oligomere Alkoxysiloxane im Gemisch).

Bei Silicon-Microemulsionskonzentraten handelt es sich um ein reines Siliconprodukt, das mit Wasser verdünnbar ist.

Alkalisiliconate

Alkalisiliconate sind hochalkalische Lösungen von Kaliumsiliconat. Sie reagieren, auf den Baustoff aufgetragen, mit dem Kohlendioxid der Luft, wobei dann ein Silanol als Zwischenstufe entsteht und diese weiter zum Silikonharz reagiert.

Angewendet werden die Produkte vorwiegend als Injektionsmittel für Horizontalsperren in Kombination mit Kaliwasserglas. Alle drei Wirkstoffe ergeben ein Silikonharz als Reaktionsprodukt auf der Baustoffoberfläche.