

Gekonnt saniert ist fast wie neu gebaut

Text und Bilder dipl. Ing. Heinz Kastien

Sie sind jedem Baufachmann bekannt, die weissen Bärte, die aus feuchtem Mauerwerk zu wachsen scheinen und in Kirchen und Burgen den Verputz oder die Beschichtungen, zum Abplatzen bringen. Der Maler bezeichnet diese Art der Salzausscheidungen als «Mauersalpeter», eine Bezeichnung, die nur in den wenigsten Fällen den wahren Sachverhalt exakt beschreibt.



1 Vom Untergrund abgesprengte Beschichtungen. Hier ist eine Sanierung notwendig

Salzausscheidungen an Mauerwerken sind keine Folgen moderner Architektur. An historischen Bauwerken sind sie ein bekanntes Erscheinungsbild. Meist ziehen sich die weissen Flecken oder deren Folgeerscheinung, abplatzende Verputze, parallel zum Boden um die Gebäude herum. Aber auch moderne Betonarchitektur bleibt von diesem Phänomen nicht verschont. Solange sich die Ausblühungen in Grenzen halten, wie zum Beispiel an neuen Betonbauwerken, kann man mit diesem ästhetischen Mangel leben. Sobald aber die Salzkrusten die Beschichtungen vom Untergrund absprengen oder die Grundputze abplatzen, muss man eine Sanierung einleiten, um grösseres Unheil abzuwenden (Bild 1).

Was sind Ausblühungen?

Im Merkblatt des smgv vom Oktober 1980 steht geschrieben: «Ausblühungen sind feste Ausscheidungen auf dem Putzuntergrund. Sie bestehen grösstenteils aus wasserlöslichen Verbindungen (Salzen) aller Art. Da sie ständig wechselweise in Lösung gehen beziehungsweise auskristallisieren, wird eine Bindung zwischen Putzuntergrund und Verputz behindert.»

Prinzipiell ist in dieser Definition alles enthalten, was über Ausblühungen gesagt werden kann. Obwohl dieses Merkblatt bereits mehr als zwei Jahrzehnte alt ist, hat sich an der Grundaussage nichts geändert. Es soll jedoch in

diesem Zusammenhang auf die Entstehung, die Auswirkung und die Vermeidung von Ausblühungen etwas differenzierter eingegangen werden.

Ausblühungen sind immer Ausscheidungen unterschiedlicher Salze auf mineralischen Untergründen unter dem Einfluss von Wasser. Nach der grundsätzlichen Aussage, dass Ausblühungen immer Salze sind und nur entstehen, wenn Wasser als Transportmedium zur Verfügung steht, stellen sich folgende Fragen. Welche der hier genannten Salze sind bauschädlich? Wie gelangen die Salze in die mineralischen Baustoffe und wie erfolgt der Transport? Wie ist das Erscheinungsbild der Ausblühungen? Wie lassen sich Ausblühungen vermeiden oder beheben? Welche chemischen Verbindungen sind bauschädliche Salze?

Salze sind Neutralisationsprodukte aus einer Lauge und einer Säure. Jene Salze, wie sie in Ausblühungen anzutreffen sind, setzen sich meist aus einem Alkali-, Erdalkalimetall oder Ammoniumhydroxid und einer Säure zusammen. Zu den Alkalimetallen gehören Natrium und Kalium sowie Ammonium; Erdalkalimetalle sind Calcium und Magnesium. Die Säurekomponente ist immer Kohlensäure (Carbonate), Salzsäure (Chloride), Schwefelsäure (Sulfate) oder Salpetersäure (Nitrate).

Die genannten Salze treten am Bau nicht alle im gleichen Umfang auf. Teilweise kommen die Salze auch in Kombi-

nationen vor. Die häufigsten Ausblühungen bestehen aus Calciumcarbonat und Calciumsulfat. In wenigen Fällen – meist wenn es sich um Ausblühungen handelt, die durch aufsteigende Feuchtigkeit verursacht werden – können Kalium- und Ammoniumsalze nachgewiesen werden.

Damit Salze am Bau zu Schäden führen können, müssen sie relativ leicht wasserlöslich sein. Besonders problematisch sind Salze, die beim Übergang von der gelösten in die kristalline Form eine starke Volumenzunahme, verbunden mit einem hohen Kristallisationsdruck, erfahren. Wasserunlösliche Salze können vom Wasser nicht transportiert werden, können also auch nicht zu Ausblühungen führen; eine Ausnahme bildet hier das Calciumcarbonat, das sich in Wasser nur zu 0,0015 g/100 g Wasser löst. Der Transportmechanismus ist hier ein anderer. Calciumcarbonat bildet mit Wasser und Kohlensäure der Luft Calciumhydrogencarbonat. Dieses ist leicht wasserlöslich und wird daher im Wandgefüge von innen nach aussen transportiert. An der Aussenfläche der Wand werden Wasser und Kohlensäure wieder abgespalten, und das verbleibende Calciumcarbonat wird als Ausblüfung abgelagert.

Einen ähnlichen Sonderfall stellen die Kalium- und teilweise auch die Ammoniumsalze dar. Diese Salze sind mehrheitlich so gut wasserlöslich, dass sich keine Ausblühungen ergeben; auf Grund ihrer hohen Hygroskopie gehen die Salze sofort wieder in Lösung oder werden vom Regenwasser direkt abgewaschen. Kaliumcarbonat, zum Beispiel, bildet sich bei der Verkieselung von Silikatfarben und wird im Laufe der Zeit aus dem Anstrich ausgewaschen.

Wie gelangen die Salze in den mineralischen Baustoff?

Bis heute können keine hundertprozentigen Aussagen über die Herkunft der Salze gemacht werden. Es steht jedoch fest, dass verschiedene Natursteinsorten wasserlösliche Salze enthalten, so zum Beispiel Tuffsteine, an denen Salzgehalte bis zu zwei Prozent gemessen worden sind. Bei künstlich hergestellten Steinen hängt der Salzgehalt wesentlich vom Abbauggebiet und der Zusammensetzung des Tons und der Brenntemperatur ab. Der natürliche Salzgehalt von Baustoffen ist vielfach aber nicht von ausschlaggebender Bedeutung, vielmehr aber die Salze, die als Fremdsubstanz in das Bauwerk gelangen (Bild 2).

Chloride gelangen nahezu immer als Fremdsalze in den Untergrund, wobei Streusalze, die in grossen Mengen als Tausalze für Strassen benutzt werden, sicherlich an erster Stelle stehen. Durch Spritzwasser gelangen diese Salze vornehmlich in den Sockelbereich der Gebäude. Chloride sind extrem bauschädlich, da sie den Beton zerstören, was zur Korrosion des Baustahls führt. An zweiter Stelle unter den bauschädlichen Salzen müssen die Sulfate, also die Salze der Schwefelsäure genannt werden. Bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe bildet der darin enthaltene Schwefel (ein bis vier Prozent) Schwefeldioxid, das zusammen mit dem Sauerstoff und der Feuchtigkeit der Luft Schwefelsäure bildet. Diese reagiert spontan mit dem Calciumcarbonat der mineralischen Baustoffe und bildet wasserlösliches Calciumsulfat.

Eine weitere Schadensquelle stellt der Einfluss stickstoffhaltiger Substanzen dar. Solche sind vor allem in länd-



2 Sichtbar die Salze, die als Fremdsubstanz in das Bauwerk gelangten

lichen Bereichen häufig anzutreffen. Bei der Reaktion von Ammoniak und Harnstoff, wie er in Fäkalien in erheblichen Mengen vorkommt, mit Calciumhydroxid (gelöschem Kalk) bildet sich Calciumnitrat (echter Salpeter), der im Volksmund als «Mauersalpeter» bekannt ist.

Weitere nicht zu unterschätzende Quellen bauschädlicher Salze sind Betonzusatzmittel und Betonfrostschutzmittel sowie Produkte zur Steinkonservierung, die erhebliche Mengen löslicher Salze enthalten oder diese durch chemische Reaktionen freisetzen können.

Die schädigende Wirkung der bauschädlichen Salze ist prinzipiell bei allen Salzarten die gleiche. Die im Wasser gelösten Salze werden durch Kapillarkräfte in eine Kristallisationsebene transportiert, in der das Wasser verdunstet und die Salze auskristallisieren, wobei sie ihr Volumen teilweise erheblich vergrössern. Da durch die Grösse der Kapillaren die Volumenzunahme begrenzt wird, entsteht in den Baustoffen ein hoher Druck (Kristallisationsdruck), der die Festigkeit des Baustoffs überschreiten und den Baustoff zerstören



3 Das Wasser kann vertikal aus dem Grundwasserbereich wie auch horizontal von der Fassadenoberfläche aufgenommen werden

kann. Einige der Salze sind ausserdem hygroskopisch, das heisst sie nehmen aus der Luft Wasser auf, was zu einer weiteren Volumenzunahme führt.

Aufnahme des Wassers in den Baustoff

Wie bereits einleitend gezeigt wurde, sind für Ausblühungen zwei Faktoren verantwortlich, nämlich einerseits der Gehalt und die Art löslicher Salze im Mauerwerk, andererseits eine ausreichende Feuchtigkeit, die den Salztransport überhaupt erst ermöglicht. Es stellt sich also die Frage, wie das Wasser in das Mauerwerk gelangt? Es sollen folgend nur die wichtigsten Mechanismen erwähnt werden, nämlich die kapillare Wasseraufnahme, die Wasseraufnahme durch Sickerwasser und die hygroskopische Wasseraufnahme.

Neben diesen drei Wasseraufnahmemechanismen sind eine ganze Reihe weiterer Möglichkeiten bekannt, wie Wasser im flüssigen oder gasförmigen Aggregatzustand in das Mauerwerk eindringen kann.

Kapillare Wasseraufnahme

Neben der im nächsten Abschnitt behandelten Beeinträchtigung durch Sickerwasser, tritt die kapillare Wasseraufnahme am meisten auf und muss

daher in erster Linie für Folgeschäden verantwortlich gemacht werden. Alle mineralischen Baustoffe sind poröse Systeme, die über Kapillaren verfügen. Durch diese Kapillaren können die Baustoffe Wasser aufnehmen und transportieren. Der Durchmesser der Kapillaren bestimmt die Geschwindigkeit und die Weglänge des aufgenommenen Wassers.

Kapillardurchmesser			
1 mm	0,1 mm	0,01 mm	1µm
Maximale Steighöhe			
3 cm	30 cm	3 m	30 m

Aus der Tabelle geht hervor, dass die Steighöhe in einer Kapillare umgekehrt proportional zu ihrem Durchmesser ist. Hieraus folgt, dass Baustoffe mit geringem Porendurchmesser Wasser über weitere Distanzen transportieren (Kalksandstein) als Baustoffe mit grossem Porendurchmesser (Beton). Das Wasser kann sowohl vertikal aus dem Grundwasserbereich als auch horizontal von der Fassadenoberfläche, zum Beispiel bei Schlagregen, aufgenommen werden (Bild 3). In der Praxis wird sich für jeden Baustoff ein Gleichgewichtszustand einstellen, der einerseits von der kapillaren Leistungsfähigkeit (Sauggeschwindigkeit und maxima-

le Steighöhe) abhängt und andererseits von der Verdunstungsrate des Wassers bestimmt wird. Aus diesen beiden Eckdaten resultiert ebenfalls die Lage der Kristallisationsebene. Es ist einleuchtend, dass durch die kapillare Wasseraufnahme grosse Mengen Wasser in die Fassade gelangen können, die entsprechende Salzmengen zu transportieren vermögen. Zur Schadenvorbeugung gilt es daher, die Fassade in erster Linie vor eindringender Feuchtigkeit zu schützen (Bild 4).

Wasseraufnahme durch Sickerwasser

Die Wasseraufnahme durch Sicker- oder Hangwasser ist immer dann von Bedeutung, wenn Bereiche des Mauerwerks mit der Erde in Berührung stehen und sich in diesem Bereich ein hydrostatischer Druck des Wassers aufbauen kann. Die Menge des aufgenommenen Wassers ist von der Dicke des Bauteils und dem Druckunterschied des Sickerbeziehungsweise Hangwassers gegenüber des Innendrucks abhängig.

Die hygroskopische Wasseraufnahme

Unter Hygroskopie versteht man die Wasseraufnahme von Stoffen aus der Luftfeuchtigkeit. Ein typisches Beispiel ist die Wasseraufnahme von Kochsalz aus der Luft, das bei Lagerung verklumpt. Ebenso können auch Baustoffe der Luft Wasser entziehen. Damit Baustoffe durch Hygroskopie Wasser aufnehmen können, müssen sie hygroskopische Salze enthalten. Dies können einerseits baustoffspezifische Salze sein, andererseits kann es sich aber auch um Fremdsalze handeln, die zu einem späteren Zeitpunkt in den Baustoff gelangt sind. Diese Salze können aus der Umgebungsluft ein Vielfaches

des Wassers aufnehmen als dass dies der Ausgleichsfeuchte des salzfreien Baustoffs entspricht. Die Hygroskopie der Schadsalze und die daraus resultierende Wasseraufnahme wirkt sich besonders stark bei Fremdsalzen wie Streusalzen aus, die meist stark hygroskopisch sind.

Vermeidung von Ausblühungen

Nachdem die Ursache für Ausblühungen bekannt ist, stellt sich nun die berechnete Frage, wie sich Ausblühungen vermeiden beziehungsweise beheben lassen.

Die Vermeidung von Ausblühungen ist theoretisch denkbar einfach, jedoch sehr schwer in die Praxis umzusetzen. Um den Transport von Salzen durch Wasser zu vermeiden, auf den bekanntlich die Ausblühungen immer zurückzuführen sind, muss mindestens eine der beiden verantwortlichen Komponenten fehlen. Da es in der Praxis sehr schwie-

rig ist, nur salzarme Baumaterialien zu verwenden, beschränkt sich die Vermeidung der Schäden auf das Wasser, das für den Transport der Salze verantwortlich ist. Es muss also in jedem Fall durch bauliche Massnahmen verhindert werden, dass Wasser in die Fassade eindringen kann. Die wichtigsten vorbeugenden Massnahmen sind Dachrandabdeckungen mit Chromstahlblechen, Verschliessen von Kiesnestern durch einen geeigneten Porenfüller oder Spachtel, Sanierung von Rissen, genügende Schichtdicke des Anstriches unter Verwendung einer geeigneten Grundierung und die Nichtbeschichtung scharfer Kanten.

Ausblühungen, die auf aufsteigende Feuchtigkeit zurückzuführen sind, können nur durch eine Aussenisolation der erdüberdeckten Teile des Mauerwerks und durch Horizontalsperren im Mauerwerk verhindert werden – ein meist sehr kostspieliges Unterfangen. Um Ausblü-

hungen im Sockelbereich, die auf der Einwirkung von Fremdsalzen basieren, zu verhindern, sollte an Sockeln eine porenfreie, nicht wasserquellbare Beschichtung in genügender Schichtdicke appliziert werden.

Bei der Restaurierung historischer Bauwerke sind Fälle bekannt, bei denen bewusst mit salzarmem Beton gearbeitet wurde, um Ausblühungen am renovierten Bauwerk zu verhindern. Bei der Restaurierung der Birsbrücke in Angenstein BL wurde ein Spezialbeton mit Hochofenzement verwendet, um die Bildung von Ausblühungen im Kalksteinmauerwerk möglichst gering zu halten. Hochofenzement enthält zirka 40 Prozent Zementklinker und 60 Prozent Hütensand, also wesentlich weniger Calciumhydroxid als der normale Zement, und neigt somit durch den geringeren Gehalt an löslichen Salzen weniger zu Ausblühungen (Bilder 5 und 6).

Sanierung von Ausblühungen

Sind die Ausblühungen bereits aufgetreten, was meistens der Fall ist, stellt sich für den Baumeister oder Maler die Frage nach einer dauerhaften Sanierung. Ein Entfernen der Ausblühungen durch Abbürsten und Überstreichen kann nur eine temporäre Lösung sein, deren Wirksamkeit von der Menge der vorhandenen Salze und der Quantität des eindringenden Wassers abhängig ist.

Im Fall einer Sanierung muss gerade bei historischen Bauwerken mit grösster Sorgfalt vorgegangen werden, damit die aufwändigen Sanierungsarbeiten den gewünschten Erfolg zeigen. Das heisst, es muss eine einwandfreie Schadensanalyse vorliegen, bevor mit den Arbeiten begonnen wird. Eine



4 Durch die kapillare Wasseraufnahme können grosse Mengen Wasser in die Fassade gelangen



5/6 Restaurierung der Birsbrücke in Angenstein BL. Hier wurde ein Spezialbeton mit Hochofenzement verwendet, um die Bildung von Ausblühungen im Kalksteinmauerwerk möglichst gering zu halten

solche Schadensanalyse muss folgende Detailpunkte enthalten:

Schadenskartierung: Hier werden Art und Umfang der Schäden, aber auch auslösenden Feuchtigkeitsquellen und bereits erfolgte Sanierungen eingetragen.

Feuchtigkeitsmessungen: Die übliche Feuchtemessung nach der Widerstandsmethode ist mit einem Fehler behaftet, da Salze das Messergebnis beeinflussen. Deshalb ist die alleinige Messung der Feuchtigkeit unzureichend; zusätzlich müssen Art und Gehalt der Salze im Untergrund ermittelt werden.

Beurteilung des Baugrundes und der Grundwasserverhältnisse: Diesen beiden Punkten ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken, da sie einen wesentlichen Einfluss auf die Güte der Sanierung haben.

Sanierungstechniken

Nach Vorliegen der Schadensanalyse kann mit der eigentlichen Sanierung be-

gonnen werden. Die Sanierung gliedert sich wiederum in vier Teilschritte, nämlich die Beseitigung der Feuchtigkeitsquellen, die Austrocknung des Bauwerks, die Massnahmen gegen die schädigende Wirkung der bauschädlichen Salze und die Vorbeugung gegen weitere Schädigungen. Die Beseitigung der Feuchtigkeitsquellen ist mit Sicherheit am Schwierigsten zu realisieren, da sich Grundwasserströmungen oder Hangsickerwasser nachträglich praktisch nicht beeinflussen lassen. Aufsteigende Feuchtigkeit oder kapillares Wasser lässt sich jedoch, wenn auch mit beträchtlichem Aufwand, verhindern. Es stehen hier mehrere technische Möglichkeiten zur Verfügung. Die bekannteste und sicherlich auch die wirksamste ist das Anbringen einer Horizontalsperre. Hierbei werden über den gesamten Mauerquerschnitt Chromstahlplatten oder Kunststofffolien eingebracht, die eine Sperre gegen die aufsteigende Feuchtigkeit darstellen. Eine wesentliche Voraussetzung für die Wirksamkeit

dieser Methode ist die richtige Anordnung der Sperre, die für jedes Gebäude separat ermittelt werden muss.

In einigen Fällen haben sich Injektionen mit Harzen in das Mauerwerk bewährt. Diese Methode hat den unbestrittenen Vorteil, dass keine Eingriffe in die Statik des Gebäudes erfolgen müssen. Sie kann aber nur von Erfolg gekrönt sein, wenn das Mauerwerk vor der Injektion austrocknen kann, da in nassem Mauerwerk die Hohlräume mit Wasser gefüllt sind, also kein freier Raum für die Injektionslösung zur Verfügung steht.

Schliesslich werden verschiedene elektrische Verfahren zur Mauerwerkstrockenlegung auf dem Markt angeboten. Die beiden bekanntesten Methoden sind die Elektroosmose und die elektrophysikalische Mauerentfeuchtung. Die Besprechung dieser beiden Methoden dürfte an dieser Stelle zu weit führen und bedarf einer besonderen Besprechung. Während die Elektroosmose in sehr vielen Fällen, in erster

Linie bei historischen Bauwerken, mit Erfolg eingesetzt wurde, sind die Aussagen in der Fachpresse zur elektrophysikalischen Mauerentfeuchtung sehr widersprüchlich.

Nach der Trockenlegung des Mauerwerks kann die eigentliche Sanierung des Mauerwerks erfolgen. Hierzu müssen die bauschädigenden Salze aus dem Mauerwerk entfernt werden. Diese Entsalzung kann unter anderem durch Kompressenputze erfolgen. Kompressen aus besonders kapillaraktiven Stoffen bzw. Putze mit besonders hoher Kapillarität können eine Entsalzung von Bauteilen bewirken. Voraussetzung ist ein kapillarer Wassertransport vom Bauteil oder Mauerwerk in die Kompressenschicht und eine Möglichkeit, dass dort Feuchtigkeit verdampfen kann. In der neuen Verdunstungszone lagern sich dann die Salze allmählich ab und können im Bedarfsfall mit der Kompressen entfernt werden. Kompressenverfahren sind langwierig und aufwändig und werden deshalb nur in Sonderfällen an relativ kleinen Flächen oder Bauteilen eingesetzt.

Ebenfalls haben sich Sanierputze bewährt. Sanierputze sind porenhydrophobe Putze, die ein gesteuertes Wasseraufnahme- und Wasserabgabeverhalten haben. In den Porenräumen können zusätzliche Salze eingelagert werden. Sanierputze werden deshalb bevorzugt als flankierende Massnahmen bei der Mauerwerkssanierung eingesetzt und haben sich dort auch bestens bewährt.

Sanier- und Kompressenputze funktionieren nur bei einer mässigen Ausblühtendenz. Bei grösseren Salzmen gen oder starker Wassereinwirkung sind diese Systeme völlig ungeeignet, da

das beschränkte Salzaufnahmevermögen der Putze überschritten wird.

Bei starker Versalzung kommt nur noch ein Austausch des Mauerwerks als letzte, aber auch radikalste Lösung in Frage.

Zusammenfassung

Sowohl an historischen Bauwerken als auch an moderner Betonarchitektur sind Ausblühungen ein Zeichen von Wasser im Baugrund oder im Mauerwerk, das über kurz oder lang zu Schäden führen kann. Es sollten daher möglichst beim ersten Auftreten der Ausblühungen geeignete Massnahmen ergriffen werden. Die Sanierung eines salzgeschädigten Mauerwerks ist immer eine sehr kostspielige und zeitraubende Arbeit. Je eher mit der Sanierung begonnen wird, desto billiger wird sie, und die Garantie für eine erfolgreiche Sanierung steigt.

Literatur

Weber, Fassadenschutz und Bausanierung
A. C. Rahn, Bauschäden durch Salze
Schmidt und Partner, Birsbrücke/Angenstein