

Salzschäden an Kulturgütern

Stand des Wissens und Forschungsdefizite

Ergebnisse des DBU Workshops im Februar 2008
in Osnabrück

Herausgeber: Hans-Jürgen Schwarz, Michael Steiger



Impressum

Herausgeber: Hans-Jürgen Schwarz, Michael Steiger

Gestaltung: Ri-Con/ Research in Conservation
Richard-Wagner Straße 9
30177 Hannover

Umschlagsfoto: Hans-Jürgen Schwarz

Diese Broschüre wurde hergestellt mit Unterstützung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt im Rahmen des Förderprojektes Az.: 25937-45

Hannover, September 2009

ISBN 978-3-00-028965-1

4 Schadensdiagnose

Herbert Juling*, Christoph Franzen**

* Amtliche Materialprüfungsanstalt (MPA) der Freien Hansestadt Bremen, Institut für Werkstofftechnik, Paul-Feller-Str. 1, 28199 Bremen

** Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmälern in Sachsen und Sachsen Anhalt e.V. (IDK), Schloßplatz 1, 01067 Dresden

4.1 Einleitung

Sehr viele Bauwerksschäden gehen auf einen salzinduzierten Zerstörungsprozess zurück. Davon betroffen sind alle porösen, vorwiegend mineralischen Baustoffe. Dazu gehören in erster Linie Natursteine, insbesondere wenn sie offenporig und/oder quellfähig sind. Aber auch dichte Sandsteine können durch Salze stark geschädigt werden. Für Ziegel gilt grundsätzlich dasselbe, insbesondere wenn sie schwach gebrannt sind, was bei historischem Material die Regel ist. Die vielfältigen Mörtel und Putze mit Bindemitteln aus Luftkalk, hydraulischem Kalk, Trass-Kalk, (Kalk-)Zement und Gips sind ebenfalls betroffen. Auch historischer und moderner Beton und andere moderne mineralische Baustoffe sind hier nicht auszuschließen.

Grundsätzlich gilt, dass Salzschäden immer mit Feuchte-Migration verbunden sind! Am augenfälligsten ist dabei die aufsteigende Feuchte, die durch Oberflächenwasser bei mangelnder Horizontalsperrung häufig auftritt. Gleiches gilt für unregelmäßige Wasserführung und übermäßige Schlagregenbelastung. Auch Oberflächenkondensation kommt in Frage und muss immer dann betrachtet werden, wenn ungewöhnliche Mauerwerkspartien betroffen sind. Aber nicht nur regelmäßige und andauernde Feuchtebelastung ist zu hinterfragen. Auch einmalige bzw. temporäre Ereignisse können noch lange Zeit später zu zunächst unerklärlichen Salzschäden führen. Dazu gehören gebrochene Wasserleitungen, Leckagen von Dachrinnen oder defekte Dächer (sog. Havarien).

Wenn durch eine oder mehrere Feuchtemigrationen gelöste Salze mittransportiert werden, sind Salzschäden vorprogrammiert. Als typische Schadensformen sind dabei das Absanden, die Schalenbildung, Ausblühungen und Krustenbildungen zu nennen (Abb. 19). Dabei können Salze an der Oberfläche nur in den selteneren Fällen gefunden werden.

Das Schadpotential der bauschädlichen Salze liegt insbesondere in der Kristallisation der gelösten Salze begründet, die am Trocknungshorizont abläuft. Wenn dabei auf der Oberfläche kristallisierte Ausblühungen zu beobachten sind, ist das Schadpotential sicher geringer, als wenn die Kristallisation unter der Oberfläche stattfindet. Aber auch bei reinen Ausblühungen (z.B. bei Salzgemischen in der Lösung) wird eine schädigende Wechselwirkung durch Beeinflussung der in der

Salzlösung verbleibenden Salzkonzentration diskutiert. Die Zusammensetzung einer oberflächlichen Ausblühung, es kann sich um ein reines Salz, ein Salzgemisch oder Doppelsalz handeln, sagt zunächst nichts über die Zusammensetzung des Salzgemisches unter der Oberfläche aus. Unter Umständen können dort andere Salz auskristallisieren als auf der Oberfläche.



Abbildung 19: Gipskrusten sind ebenfalls den Salzschiäden zuzurechnen, auch wenn sie nur oberflächlich aufsitzen. (Foto: C. Franzen)

Ein weiterer großer Faktor bei der Betrachtung des Schadpotentials ist die De-/Hydratation von Hydratsalzen bei Feuchteschwankungen. Einige Schadsalze erfahren eine große Volumenänderung bei Übergängen in verschiedene Hydratstufen (z.B. Magnesiumsulfat, Natriumsulfat, u.a.).

Bei hygroskopischen Salzen erfolgt Schadensdynamik durch Veränderung der Umgebungsluftfeuchte, wenn sich dadurch Lösungs- und Kristallisationsprozesse zyklisch abwechseln.

4.2 Probennahme

Bei der Probennahme zur Untersuchung der Salzbelastung ist eine sorgfältige Planung vonnöten. Die einfachste Methode, die Entnahme von Salzausblühungen, liefert zwar einen ersten Hinweis auf das Schadsalz, aber es darf dabei nicht außer Acht gelassen werden, dass diese Ausblühungen nicht der Regelzustand der Mauerwerksoberfläche sind, sondern bei den gegenwärtigen Beprobungsbedingungen auftreten (z.B. bei sehr trockenen Wetterbedingungen). Bereits einige Tage später können völlig veränderte Umfeldbedingungen die Ausblühungen wieder völlig verschwinden lassen.

Andererseits geben Ausblühungen wichtige Hinweise auf mögliche Salzquellen, z.B. mit aufsteigender Feuchte aus nitratbelastetem Erdreich oder angrenzende zementhaltige Ausbesserungen einer früheren Sanierungsmaßnahme.

Eine andere Möglichkeit ist die Bestimmung der Salzbelastung der Materialien. Dabei ist es zumeist sinnvoll, Salzprofile in unterschiedlichen Höhen und Tiefen eines Mauerwerks zu entnehmen. Bei den Bestimmungen der Salze aus den Eluatzen (z.B. des entnommenen Bohrmehls) werden dabei Kationen und Anionen ermittelt. Eine Ionenbilanz lässt dann gesicherte Aussagen über die Salzmengen zu.

Die Art und Anzahl der Proben, bzw. Probennahmestellen richtet sich nach der Fragestellung und dem daraus resultierenden Untersuchungskonzept. Die Probenmenge ist abhängig von dem angewandten Messverfahren.

Es ist sehr zu empfehlen eine gründliche Begehung des Objektes in seinem Umfeld vorzunehmen, um sich mit den feuchtetechnischen Gegebenheiten vertraut zu machen. Auch die Hinterfragung von Havarien und vergangenen Restaurierungsmaßnahmen zählen dazu. Häufig kann durch solche Zusatzinformationen der Untersuchungsaufwand vermindert werden.

Grundsätzlich gilt wie so häufig die Regel: Soviel wie nötig und so wenig wie möglich!

Auf keinen Fall darf aber eine gründliche Dokumentation der Probennahme fehlen, die neben der Beschreibung der Probennahmestellen auch die Fragestellungen, die Zielsetzung der analytischen Untersuchung und Nahfeldbeobachtungen enthalten muss.

4.3 Messung

Zur Bestimmung der Salze stehen verschiedene Nachweisverfahren zur Verfügung.

Als orientierende Methoden können die sogenannten organoleptischen Eindrücke (sehen, schmecken, fühlen, riechen) dienen. Sie bedürfen aber einer reichlichen und langjährigen Erfahrung des Untersuchungspersonals. Weiterhin können einfache chemische Verfahren, wie z.B. die Test-Stäbchen verschiedener

Hersteller, Anwendung finden. Allerdings sind auf dieser Grundlage quantitative Aussagen nur äußerst begrenzt möglich. Für eine gesicherte Diagnose reicht das keinesfalls aus.

Chemisch quantitative Untersuchungen können nur durch entsprechende Verfahren erreicht werden, die eine Kationen-Anionen-Bilanz ermöglichen. Eine reine Anionenbestimmung reicht für eine gesicherte Schadensanalyse nicht aus.

Ergänzend dazu stehen aufwändigere Verfahren zur Verfügung, wie z.B. mikroskopisch-analytische Untersuchungen, die nicht nur Ausblühungen relativ einfach bestimmen lassen, sondern auch Anreicherungen und Gradienten z.B. im Dünnschliff darstellen können. Auch die Röntgendiffraktometrie und die FT-Infrarotspektroskopie können in Einzelfällen zum Einsatz kommen.

4.4 Interpretation

Wie auch immer die Messdaten ermittelt wurden, sie gehören fachgerecht interpretiert. Umgekehrt werden für eine stichhaltige Interpretation gute Messdaten benötigt. Eine reine Aufstellung von Messdaten in Tabellenform, ohne die Umfeldbedingungen zu benennen und in die Interpretation einzubeziehen, ist ebenso wertlos wie eine ausschweifende Interpretation, die nur auf Mutmaßungen beruht.

Für die Abschätzung des Beitrags der Salze an einer beobachteten Schädigung werden verschiedene Informationen benötigt. Zum einen ist das die Art der vorhandenen Salze, und zwar, ob es sich um leicht lösliche, hygroskopische und/oder Hydratsalze handelt. Das ist nur durch eine fundierte Ionenbilanz oder Mikroanalyse möglich.

Des Weiteren sind die Konzentrationen der gefundenen Salze wichtig, wobei allerdings auch hier das Wissen um die Salzart einfließen muss. Beispielsweise sind 0,5 M.-% Nitrat als hohe Belastung zu interpretieren, hingegen dieselbe Konzentration von 0,5 M.-% Gips in bestimmten Umfeldern als wenig eingestuft werden kann. Insbesondere bei Nitratsalzen spielt häufig der Gradient der Salzbelastung eine wichtige Rolle. Ein als sehr gering ermittelter Nitratgehalt an einem mehrere Zentimeter umfassenden Bohrsegment kann darüber hinwegtäuschen, dass fast das gesamte Nitrat-Salz in den oberen wenigen mm sitzt und dort ein beträchtliches Schadpotential entwickelt. Wie schon mehrfach erwähnt, spielt dabei die Ionenbilanz eine wichtige Rolle. Nur damit können Salzgemische ermittelt werden, die im Zusammenspiel bei Kristallisations- und Hydratationsprozessen teilweise überraschende Effekte zeigen.

Nicht zuletzt gehört zur Interpretation der Untersuchungsergebnisse auch die Identifikation der Salz-Quellen (Salztransport aus dem Boden bzw. aus der

Umwelt, Materialunverträglichkeiten u.a.). Dabei hilft häufig auch die Art und Nutzung des Objektes. Wie ist das Objekt konstruiert? Wie wird es genutzt?

Sakralbauten z.B. zeichnen sich häufig durch eine fehlende oder geringe Heizung aus. Hier können Kondensationsereignisse insbesondere in Jahres-Übergangszeiten in Betracht gezogen werden.

Bei Nutzbauten haben möglicherweise Um- oder Neunutzungen (z.B. als Wohngebäude) stattgefunden. Hier ist mit der Störung von Gleichgewichtszuständen zu rechnen, die meist zu starken Mobilisierungen und in der Folge zu Kristallisationen von Salzen führen können.



Abbildung 20: Aufsteigende Feuchte kommt für diesen Schaden nicht in Frage, vielmehr sorgen hygroskopische Salze (Nitrate) für diese Oberflächenveränderungen (Foto: H. Juling)

Historische Wandmalereien sind anders zu betrachten als Wandoberflächen von Zweckbauten. Hier spielt weniger der Behaglichkeitsgedanke z.B. bei einer Klimatisierung eine Rolle, sondern eher die Gefahr des Verlustes wertvollen Kunstgutes. Ähnliches gilt für Skulpturen oder Zierelemente. Daher gehört die Bewertung der Ergebnisse der nachgewiesenen Salzkonzentrationen zu den schwierigsten Aufgaben des Untersuchenden.

Die wichtigste Aufgabe der Interpretation der Ergebnisse ist die Diskussion zu möglichen Konsequenzen bezüglich erforderlicher Maßnahmen. An erster Stelle steht hier die Beseitigung der Schadquellen, wobei hier Salz- und Feuchte-Quellen zu betrachten sind.

Bei der Salzreduzierung muss natürlich sofort das Stichwort „Entsalzung“ fallen, was an anderer Stelle ausführlich behandelt wird. Sollten allerdings Möglichkeiten der Entsalzung fehlen, können auch Konzepte zur Klimatisierung, beispielsweise von Innenräumen, diskutiert werden. Allerdings bedarf es hierfür einer gründlichen Voruntersuchung, da die Zusammensetzung der Salzlast hierfür eine entscheidende Bedeutung hat (Stichwort „Salzgemische“).



Abbildung 21: Auch noch so aufwändige Konstruktionen nützen wenig, wenn das Wasser nicht weit genug vom Gebäude abgeführt wird (Foto: C. Franzen).

Bei der Reduzierung der Feuchte eines Mauerwerks scheinen die Lösungsvorschläge einfacher zu sein. Bei aufsteigender Feuchte bietet sich eine Drainage an, wenn dies konstruktiv möglich ist. Auch mit der Drainage muss das Wasser in ausreichende Entfernung vom Bauwerk abgeführt werden. Für eindringendes Regenwasser sollten immer konstruktive Maßnahmen des Regenschutzes diskutiert werden. Aber hierbei darf nicht außer Acht gelassen werden, dass auch eine Reduzierung des Feuchte-Haushalts zur Änderung des Gesamtsystems führen kann.

4.5 Forschungsthemen

Nach wenigen Jahrzehnten teils intensiver Forschung an salzinduzierter Baustoffzerstörung sind nur einige der Zusammenhänge erkannt und neue Fragen aufgeworfen worden. Bei zukünftigen Untersuchungen bleibt es unerlässlich, parallel weiter sowohl die Grundlagen auf der Ebene der molekularen Reaktionen als auch die Vorgänge auf der makroskopischen Ebene zu analysieren. Die Diagnose am bestehenden Objekt bleibt dabei ein zentraler Mittelpunkt, an dem sich die Ergebnisse aus dem Labor messen lassen müssen. Die Beziehungen zwischen theoretischen Modellen, Laborergebnissen und realen Schadensbildern sind häufig noch unzureichend. Hier muss intensiv anwendungsorientiert geforscht werden. Die fachmännisch durchgeführte Schadensdiagnose kommt immer zu einem für das Objekt hilfreichen Ergebnis. Die Vorgehensweise muss sich aus mehreren Motiven noch stärker durchsetzen: zum einen für die Objekte selbst und zum anderen, um mehr Daten zu erhalten, die in einer übergeordnete Auswertung helfen, universale Prozesse besser zu verstehen. Die Diagnose am Denkmalobjekt hat derzeit noch Beprobungen (teils gering-invasiv, teils destruktiv) als wichtige Grundlage. Durch die (Weiter-)Entwicklung und Einsatzanpassung berührungsloser Mess- und Analyseverfahren sollte der Eingriff noch denkmalgerechter werden. Auch hier besteht ein großer Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

4.6 Literatur

- FRANZEN C. (2006): Analytische Begleitung von Salzreduzierungsmaßnahmen. - In: Praxisorientierte Forschung in der Denkmalpflege -10 Jahre IDK, Hrsg.: Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V. 2006, 31 – 40
- STEIGER M., NEUMANN H.-H., GRODTEN T., WITTENBURG C., DANNECKER W. (1998): Salze in Natursteinmauerwerk - Probennahme, Messung und Interpretation. - In: R. Snethlage (Ed.) Denkmalpflege und Naturwissenschaft, Natursteinkonservierung II, Stuttgart, S. 61-91
- WTA-MERKBLATT "MAUERWERKSDIAGNOSTIK" (1999): WTA-Merkblatt 4-5-99/D: Beurteilung von Mauerwerk, Mauerwerksdiagnostik. Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.
- WTA-MERKBLATT „KOMPRESSENENTSALZUNG“ (2001): WTA-Merkblatt E 3-13-01/D: Zerstörungsfreies Entsalzen von Naturstein und anderen porösen Baustoffen mittels Kompressen, Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.