

# 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

## 5 Monitoring

Steffen Laue\*, Christine Bläuer\*\* und Erwin Stadlbauer\*\*\*

\* Fachhochschule Potsdam, Studiengang Restaurierung, Pappelallee 8–9, 14469 Potsdam

\*\* CSC Sàrl, Rue de l'Industrie 10, CH-1700 Fribourg

\*\*\* Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege, Scharnhorststraße 1, 30175 Hannover

### 5.1 Einleitung

Der Begriff Monitoring wird inzwischen weltweit verwendet und bezeichnet die systematische Beobachtung und Erfassung von Vorgängen und Prozessen mittels technischer Hilfsmittel oder anderer Beobachtungssysteme. Monitoring dient der Überwachung und Steuerung von Prozessen, um Schäden oder Störfälle zu vermeiden.

Im Bereich der Konservierung und Restaurierung von Kunst- und Kulturgut definieren wir Monitoring als Prozessbeobachtung zur kontinuierlichen Pflege und langfristigen Erhaltung. Monitoring ist die einzige Methode, Kenntnisse über das komplexe Zusammenwirken aller relevanten Faktoren in bzw. an einem Gebäude zu erlangen, so z.B. über Materialien und deren Eigenschaften, Temperatur- und Feuchteveränderungen, Salze, Mikrobiologie und anthropogene Einflüsse.

Beziehen wir die Definition auf Salze in Mauerwerken und an Wandmalereien, bedeutet Monitoring die systematische Erfassung und Beobachtung von Salzen bzw. Salzschäden sowie der Umgebungsparameter wie z.B. Klima- oder Feuchteveränderungen (u. a. ARNOLD und ZEHNDER, 1991).

### 5.2 Grundlagen und Rahmenbedingungen

Monitoring von Salzen und Salzschäden kann je nach Aufgabenstellung unterschiedlich detailliert durchgeführt werden. Daher ist vor Beginn eines Monitorings je nach Objekt und Schadenssituation das Ziel des beabsichtigten Monitorings zu definieren. Voraussetzung dafür ist eine Zustandsdokumentation des zu beobachtenden Objekts mit einer qualitativen- und gegebenenfalls auch quantitativen Analyse der Salzbelastung (u. a. BLÄUER-BÖHM, 1994; STEIGER et al., 1998).

Das Ziel eines Monitorings kann zum Beispiel die Beantwortung folgender Fragen beinhalten:

- Was ist der Aktivierungsmechanismus für die Kristallisation der Salze?
- Wann verursachen die Salze aktiv Schäden bei welchen Klimabedingungen?
- Wie ist die Kinetik des Prozesses?
- Wann ist der beste Zeitpunkt für eine Salzreduzierung oder für andere eingreifende Maßnahmen?
- Was müssen präventive Maßnahmen können?

Es gilt darüber hinaus jeweils abzuwägen, ob ein Monitoring von klar abgegrenzten Referenzflächen gegenüber einem Monitoring der Gesamtsituation vorzuziehen ist. Es ist auch am Anfang zu klären, wie lange etwaige Voruntersuchungen und das anschließende Monitoring dauern dürfen bzw. können, wenn es sich nicht um reine Forschung handelt.

Vor der Durchführung eines Monitorings, das je nach Problemstellung vor, während und/ oder nach einer Maßnahme durchgeführt werden kann, sollten folgende Festlegungen getroffen werden:

#### **Was soll beobachtet bzw. gemessen werden?**

Beispiele: Ausblühungssalze, Salzionen quantitativ, Schäden (Schadensformen), Klima (Lufttemperatur, relative Feuchte, Oberflächentemperatur), Feuchtehorizonte.

#### **Wo soll beobachtet bzw. gemessen werden?**

Zur Beantwortung dieser Frage ist neben der bereits erwähnten Zustandsdokumentation zu klären, ob zur Festlegung der Monitoringflächen Voruntersuchungen notwendig sind und wenn ja, welche Eigenschaften der Oberflächen und des Untergrundes bestimmt werden müssen.

#### **Wie lange und in welchen Zeitabständen soll beobachtet bzw. gemessen werden?**

Dauer und Häufigkeit des Beobachtungszyklus muss definiert werden.

#### **Wie soll das Monitoring durchgeführt werden?**

- Mit welchen Methoden und Gerätschaften kann ein optimales Ergebnis des Monitorings erwartet werden?
- Welche Methoden und Gerätschaften stehen zur Verfügung?
- Reicht eine makroskopische Beobachtung und Dokumentation der Vorgänge aus oder sollten Messgeräte zur Aufzeichnung des Klimas oder zur Beobachtung von Oberflächenveränderungen eingesetzt werden?

**Wie genau soll aufgezeichnet werden?**

- Wie wird das Monitoring dokumentiert?
- Sind dafür Richtlinien bzw. Vorgaben zu definieren?
- In welchen Intervallen sollen die Beobachtungen / Messungen durchgeführt werden?
- Wie groß ist das Risiko, dass besondere Phänomene oder wichtige Einzelereignisse, die nur selten auftreten, nicht erfasst werden?
- Was für ein Qualitätsmaßstab soll angelegt werden?
- Reicht die qualitative Beobachtung von Veränderungen oder wird eine quantitative Erfassung im Mikro- bis Nanometerbereich benötigt, z.B. mittels Laser-Holographie?

**Wer führt das Monitoring durch und wer bewertet die Ergebnisse?**

In erster Linie geht es um die Qualifikation der ausführenden bzw. der beauftragten Personen:

- Reicht ein geschulter Blick oder ist eine spezielle Ausbildung und Einweisung erforderlich?
- Gibt es Objekte/Situationen, bei denen der Blick eines/ einer Ungeschulten auf bestimmte Phänomene trainiert werden kann?
- Wer interpretiert die Ergebnisse und wer zieht die Schlussfolgerungen in Bezug auf Maßnahmen?

Monitoring ist kein Selbstzweck, sondern ein sehr variables und gut dokumentiertes Verfahren. Die Ergebnisse sind umso aussagekräftiger, je besser die genannten Fragen geklärt werden und je präziser das Verfahren definiert wird. Monitoring ist ein anpassungsfähiges Verfahren mit lernfähigen Bearbeitern.

**5.3 Ausblick**

Monitoring von Salzen bzw. Salzschäden und ihren Umgebungsparametern ist eine sehr effektive Methode zur Erlangung von Kenntnissen über den Schadensfortschritt an einem Objekt. Aus den Ergebnissen des Monitorings können dann jeweils geeignete Konservierungs- und Restaurierungsmaßnahmen abgeleitet werden.

Es ist dargestellt worden, dass ein optimales Monitoring mit entsprechenden Voruntersuchungen vorbereitet und mit geschultem Personal organisiert und durchgeführt werden sollte.

In der gegenwärtigen Praxis wird selten ein optimiertes Monitoring durchgeführt, weil es

- A. häufig Zeit und Geld kostet (aber deutlich weniger als nach einer nicht erfolgreichen Sanierungsmaßnahme) und
- B. vor allen Dingen die Effektivität bei vielen Eigentümern und Objektverantwortlichen nicht bekannt ist bzw. nicht erkannt wird.

Hier bedarf es noch viel Aufklärungsarbeit und Verständniswillen (Erkenntniswillen).

## 5.4 Forschungsbedarf

Es besteht noch grundlegender Forschungsbedarf, um Monitoring bezüglich Salze an Objekten problembezogen zu optimieren.

Forschungsthemen wären u.a.:

- Entwicklung von Monitoring-Standards: z.B. ist eine Objektivierung von Beobachtungen möglich und wie kann sie angestrebt werden?
- Automatisierung eines Monitorings – ist es sinnvoll und wenn ja, wie ist sie umzusetzen?
- Welche Berufsgruppe und wie sollte im Bereich Monitoring ausgebildet werden?
- Entwicklung eines so genannten „low-level-Monitorings“ für kleinere Objekte mit wenig Finanzen und/ oder wenig Zeit.

## 5.5 Literaturübersicht

Andreas ARNOLD darf zweifellos als bedeutender Pionier des Monitorings von Salzen bezeichnet werden. Er hat in den 1980er bis 1990er Jahren gemeinsam mit seiner Züricher Arbeitsgruppe (insbesondere mit Andreas KÜNG und Konrad ZEHNDER) wesentliche Grundlagen geschaffen sowie wichtige Impulse für die Forschung und Praxis der Konservierung und Restaurierung gegeben. Aus der umfangreichen Publikationsliste dieser und auch anderer Arbeitsgruppen sollen beispielhaft nur einzelne Beiträge zitiert werden. Die nachfolgende Sortierung in zwei Gruppen soll die Übersicht und den Zugang erleichtern.

1) Beiträge, die sich vorrangig mit den Grundlagen und den Untersuchungsmethoden befassen:

- BIONDA D. (2004): Salt weathering investigation and microclimate modelling in historical buildings. 32nd International Geological Congress, Florence, electronic version posted on-line on July 20, 2004.
- BLÄUER-BÖHM C. (1994): Salzuntersuchungen an Baudenkmalern. - In: *Kunsttechnologie u. Konservierung*, Jg. 8/94, Heft 1, 85-103.
- FRANZEN C. (2006): Analytische Begleitung von Salzreduzierungsmaßnahmen. - In: *Praxisorientierte Forschung in der Denkmalpflege - 10 Jahre IDK*. Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V., 31-40.
- GÜLKER G., HINSCH K., EL JARAD A. (2004). "Monitoring of salt-induced deformations in porous systems by Microscopic Speckel Pattern Interferometry." - In: 10th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Proceedings, Stockholm, June 27 - July 2, 2004, Volume 2, p. 619-626.
- HAMMER I. (2001): Inhalte der visuellen Dokumentation in der Konservierung/Restaurierung von Wandmalerei/Architekturoberfläche. - In: Segers-Glocke, C. (Hrsg.): *Niedersächsische Denkmalpflege*, Band 16, S. 401-423, Niemeyer Buchverlage, Hameln.
- LAUE S. (2002): Verwitterung von Naturstein durch lösliche Salze an wechselfeuchter Luft. - In: *Salze im historischen Natursteinmauerwerk*, IFS-Tagung 2002, Institut für Steinkonservierung e.V. (IFS), Mainz, Bericht Nr.14, 19-30.
- LEITNER H. (2002): Die Rolle des Restaurators im interdisziplinären Feld der Erhaltung von salzbelasteten Wandmalereien. - In: Leitner, H.; Laue, S., Siedel, H. (Hrsg.): *Mauersalze und Architekturoberfläche*. Dresden, Schriftenreihe der Hochschule für Bildende Künste, 65-71.
- PINCHIN S.E. (2008): Techniques for monitoring moisture in walls. - In: *Reviews in Conservation*, 9, IIC, London, 33-45.
- SAWDY A. (2001): The kinetics of salt weathering of porous materials: Stone monuments and wall paintings. - In: PhD thesis. Institut of Archaeology, University College, London. CD-ROM.
- STEIGER M., NEUMANN H.H., GRODTEN T., WITTENBURG C., DANNECKER W. (1998): Salze in Natursteinmauerwerk - Probenahme, Messung und Interpretation.- In: *Denkmalpflege und Naturwissenschaft – Natursteinkonservierung II.*- Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 61-91.
- WTA-Merkblatt 4-5-99/D: Beurteilung von Mauerwerk – Mauerwerksdiagnostik.
- ZIER H.W. (2002): Untersuchung der Salzbelastung - Analysenmethoden, Bewertung, Grenzwerte. - In: *Salze im historischen Natursteinmauerwerk*, IFS-Tagung 2002, Institut für Steinkonservierung e.V. (IFS), Mainz, Bericht Nr.14, 31-39.

2) Beiträge, die in erster Linie die Untersuchung von historischen Bauwerken und Wandmalereien objektbezogen darstellen:

- BEHRENS E., BERLING H., HORNSCHUCH A., NIEMEYER R., RECKER B., SCHWARZ H.-J., STADLBAUER E. (2005): Wandmalerei-Referenzflächen-Monitoring am Beispiel der Stiftskirche Königslutter - Methoden und Erkenntnisse für die praktische Denkmalpflege. - In: *Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen* 1/2005, S. 9-12, Niemeyer Buchverlage, Hameln.
- HÄFNER K. (2002): Die Verwendung von Kieselsäureester zur Festigung salzbelasteter Wandmalerei. - In: Leitner, H., Laue, S., Siedel, H. (Hrsg.): *Mauersalze und Architekturoberfläche*. Dresden, Schriftenreihe der Hochschule für Bildende Künste, 107-120.
- KÖHLER W. (2002): Zerstörungsfreie Untersuchungsmethoden an salzbelasteten Wandflächen. - In: Leitner, H.; Laue, S. & Siedel, H. (Hrsg.): *Mauersalze und Architekturoberfläche*. Dresden, Schriftenreihe der Hochschule für Bildende Künste, 51-56.
- LAUE S. (2005): Salt weathering of porous structures related to climate changes. – In: *Restoration of Buildings and Monuments*, Vol. 11, No. 6, 381-390.
- LAUE S. (2006): Untersuchungen zur Schadensdynamik löslicher Salze am Beispiel des Chores im Freiburger Dom. - In: *Praxisorientierte Forschung in der Denkmalpflege, 10 Jahre IDK, Beiträge der Fachtagung am 19.9.2006*, Hrsg.: Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V., 109-115.
- SANDERS M.M., VAN HEES R.P.J. (2005): Monitoring of the moisture and salt load in restoration plasters in St.-Barbara's church in Culemborg. - In: *Proc. Workshop RILEM Technical Committee 'Repair mortars for historic masonry'*, January, 2005.
- SAWDY A., PRICE C. (2005): Salt damage at Cleeve Abbey, England. Part I: a comparison of theoretical predictions and practical observations. – In: *Journal of Cultural Heritage*, 6, 125-135.
- SAWDY A., PRICE C. (2005): Salt damage at Cleeve Abbey, England. Part II: seasonal variability of salt distribution and implications for sampling strategies. - In: *Journal of Cultural Heritage*, 6, Nr. 4 (2005), p. 361-367.
- TIANO P., PARDINI C. (2008): In situ monitoring of monumental surfaces. - In: *Proceedings of the International Workshop SMW08, 27.-29. Oktober 2008 in Florenz*, edifir, Edizioni Firenze.
- ZEHNDER K. (2007) „Long-term monitoring of wall paintings affected by soluble salts. - In: *Environmental Geology*, Vol. 52/2, S. 353-367, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg.