

Einige einfache Beobachtungen und Untersuchungen am Objekt

Christine Bläuer Böhm | *CSC Conservation Science Consulting Sàrl, Fribourg*

Kurzfassung

Bei der Erhaltung historischer Bauten gilt es, möglichst Maßnahmen zu ergreifen, welche bei den Ursachen für beobachtete Schäden ansetzen. Dieser Grundsatz gilt sowohl für eingreifende Konservierungsmaßnahmen als auch für Schutzmaßnahmen, also so genannte präventive Maßnahmen.

Beobachtungen am Objekt sind ein direkter Weg zum Erkennen der Ursachen von Schäden und zum Überprüfen der Auswirkungen von Maßnahmen. Einfache und schnelle Feldtests können die Beobachtungen am Objekt ergänzen. Der vorliegende Beitrag stellt einige ausgewählte Beobachtungsmethoden und Feldtests dar und beschreibt, wann diese nützlich sein können.

Stichworte:

Phänomenologie, Monitoring, Referenzflächen, Feldtest

1. Einleitung

Bei der Zustandserfassung an einem Objekt stellen sich generell die folgenden drei Fragen (leicht modifiziert nach [7]):

- Gibt es einen Schaden?
- Ist er aktiv?
- Was sind seine Ursachen?

Zur Beantwortung dieser Fragen werden Augenscheine am Objekt durchgeführt, Messungen gemacht, Proben für Laboranalysen und -versuche entnommen und so weiter, immer mit dem Ziel die Ursachen der Schäden zu erkennen und zu bekämpfen.

Oftmals genügen bereits einfache Beobachtungen und Feldtests, um zu eindeutigen Aussagen zu kommen. Nachstehend wird, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, eine kleine Auswahl solch einfachster Versuche und Beobachtungen im Detail vorgestellt. Es werden dabei jeweils die für den Versuch benötigten Materialien aufgelistet, die Versuchsdurchführung besprochen, soweit vorhanden Angaben zu weiterführender Literatur gemacht, aufge-

zeigt, welche Informationen durch den Test gewonnen werden können und zuletzt noch auf Fehlerquellen bei den Tests und der Interpretation der gewonnenen Ergebnisse hingewiesen.

Es ist selbstverständlich, dass nicht alle zur Erhaltung von historischen Bauten nötigen Informationen mit Hilfe von solch äußerst einfachen Beobachtungen und Feldtests gewonnen werden können und vorausgeschickt sei hier auch, dass selbst so einfache Tests nicht unreflektiert zur Anwendung gelangen sollten. Weiter wird geraten die Tests vorgängig an gut bekannten Materialien zu prüfen und dadurch eigene Erfahrungen zu sammeln.

Meistens geht es bei den vorgestellten Beobachtungsmethoden und Feldtests darum das Verhalten von bestimmten Materialien oder Materialstellen im Vergleich zu anderen oder die Entwicklung einer Stelle oder eines Materials im Laufe der Zeit zu beurteilen. Es sind also lediglich relative, höchstens halbquantitative Werte, die ermittelt werden.

Auch solche einfachen Versuche erfordern natürlich die entsprechende Dokumentation, wie sie in der Charta von Venedig [8] für alle Tätigkeiten an historischen Bauten verlangt wird. Über die Art der Dokumentation wird hier jedoch nichts ausgesagt.

2. Beobachtungen

2.1 Kartieren von Verwitterungsformen und -situationen

Beim ersten Besuch eines historischen Baus sollte versucht werden zuerst das Gebäude oder die Anlage als Ganzes zu erfassen und Zusammenhänge zu erkennen. Dazu wird es nötig sein das Objekt aus allen Winkeln von innen und von außen zu betrachten. Auch Archivalien und andere Informationen sollten beigezogen werden.

Oftmals folgt dann ein nächster Arbeitsschritt, der darin besteht die Materialien und ihre Schäden zu erfassen und in Plänen oder ähnlichem grafisch zu dokumentieren. Dabei gibt es grundsätzlich zwei mögliche Methoden der Kartierung:

- Das *Festhalten von Verwitterungssituationen* wie zum Beispiel Grundfeuchtezonen, Bereiche, welche dem Regen ausgesetzt oder regengeschützt sind, Zonen, wo Wasser von hinten eindringen kann, Wasserläufe, Bereiche mit starkem Bewuchs etc.

Diese Vorgehensweise wird beim Kartieren von Verwitterungserscheinungen dann gewählt, wenn es die Absicht ist, die Ursachen für Schäden und Erhaltungszustand der Materialien zu finden und Zusammenhänge zu erkennen.

Beispiele für solche Kartierungen finden sich bei [2], [3], [9] und [20].

- Das *Kartieren von standardisierten Verwitterungsformen* eignet sich dagegen vor allem da, wo mit der Kartierung erfasst werden soll, wo welche eingreifenden Konservierungsmaßnahmen und Behandlungsmethoden angewendet werden sollen.

Kataloge mit standardisierten Verwitterungsformen finden sich zum Beispiel in [10], [11], [12] und [15].

2.2 Beobachtung von Referenzflächen

Ein wichtiges Hilfsmittel zum Erkennen von Schadensentwicklungen und insbesondere bei Salzsäden, ist das Beobachten von ausgewählten Referenzflächen oder -stellen.

Salze sind, je nach dem ob die Umgebungsbedingungen feucht oder trocken sind, zu bestimmten Zeiten als Lösung im Porensystem und daher unsichtbar oder sie kristallisieren an der Oberfläche oder im Material und sind dann entweder direkt sichtbar oder sie machen sich indirekt durch Absanden, Abpudern der Materialoberfläche oder ähnliches bemerkbar (siehe z. B. [2]).

Wenn in einem Objekt Salzausblühungen beobachtet worden sind oder vermutet wird, dass bestimmte Schäden auf die Aktivität von Salzen zurückgeführt werden können, stellt sich meistens sehr rasch die Frage, bei welchen Umgebungsbedingungen die Salze ausblühen und wie dies zu verhindern wäre. Entweder kann diese Frage dadurch angegangen werden, dass die Salze im vorhandenen Salzsyste analysiert werden und dann versucht wird die Ausblühungsbedingungen mit Hilfe von thermodynamischen

Modellen [17] abzuleiten. Die andere Möglichkeit besteht darin Referenzflächen auszuscheiden und zu beobachten und parallel dazu Raumklimamessungen durchzuführen [13]. Hier soll nur auf diese zweite Möglichkeit eingegangen werden.

Dabei werden an bestimmten Stellen Flächen ausgeschieden und so markiert, dass sie zweifelsfrei wiedererkannt werden können.¹ Dann werden die Stellen oder Flächen in möglichst regelmäßigen Zeitabständen untersucht und Veränderungen fotografisch oder kartografisch festgehalten. Zeitintervalle für die Beobachtung von etwa vier Wochen scheinen sich in unseren Breiten zur Salzbeobachtung relativ gut zu bewähren, im Zweifelsfall sind jedoch kürzere Abstände zu wählen. Die Beobachtungen werden dann mit den gemessenen Klimawerten verglichen, wobei es in der Regel weniger auf sehr kurzfristige Schwankungen als eher auf länger andauernde trockene oder feuchte Bedingungen anzukommen scheint [2].

Der Vorteil dieses Vorgehens gegenüber der theoretischen Herleitung von schädlichen oder verträglichen Umgebungsbedingungen liegt in der unmittelbaren Beobachtung des tatsächlichen Geschehens bei bestimmten Umgebungsbedingungen. Es können weder Formeln verdreht noch falsche Modellvorstellungen angewendet werden. Der Nachteil ist natürlich, dass eine Beobachtungsreihe über längere Zeit, typischerweise mindestens ein Jahr, stattfinden muss.

2.3 Sammeln von heruntergefallenem Material

An Stellen, wo immer wieder herunter gefallenes Material weggeputzt werden muss, kann es sinnvoll sein dieses Material systematisch an den immer gleiche Stellen und gleich großen Flächen zu sammeln, zu wägen und eventuell sogar auf seine Zusammensetzung hin zu analysieren. Dieses periodische Aufsammeln ist damit ein Spezialfall der Beobachtung von Referenzstellen (siehe z. B. [13]). Dabei scheint die größte Schwierigkeit darin zu bestehen, sicherzustellen, dass die Sammelflächen so angelegt und markiert sind, dass sie in Ruhe gelassen werden und nicht vorzeitig „gereinigt“ werden.

¹ Es versteht sich von selbst, dass die Markierung so substanzschonend wie möglich erfolgen muss!

3. Feldtests

3.1 Generelles

Die nachstehend beschriebenen Versuche sind alle sehr einfach in der Handhabung. Trotzdem braucht ihre Anwendung einige Übung. Es empfiehlt sich deshalb die Tests sowie die zugehörigen Beobachtungen vorerst an bekannten Materialien auszuprobieren und damit gut bekannte Phänomene nachzuweisen.

Auch bei diesen einfachen Versuchen sind Interpretation und Analyse separate Schritte. Die Interpretation sollte klar als solche deklariert werden und nur die effektiv gemachten Beobachtungen berücksichtigen.²

Die nachstehenden Anleitungen geben jeweils die benötigten Materialien und Geräte, weiterführende Literatur, eine detaillierte Anleitung wie der Test durchzuführen ist, welche Beobachtungen gemacht werden können, respektive für welche Fragestellung sich der Versuch besonders eignet und zuletzt welche Fehler zu vermeiden respektive Vorsichtsmaßnahmen zu treffen sind.

Es wird dasjenige Vorgehen beschrieben, welches sich in der Praxis bewährt hat, die Anleitungen müssen jedoch nicht in jedem Fall stur befolgt und können auch anderen Bedürfnissen angepasst werden. Wichtig scheint nur, dass, sobald die Ergebnisse der Versuche verglichen werden sollen, immer die gleiche Vorgehensweise in den entscheidenden Punkten gewählt wird.³

3.2 Wassertropfen-Test

Benötigtes Material:

Kleine Tropfflasche aus PE Inhalt 50 ml

Demineralisiertes Wasser oder sauberes, gering mineralisiertes Trinkwasser

Stoppuhr

Weiterführende ergänzende Literatur:

Das generelle Verhalten von Porenräumen gegenüber Flüssigkeiten wird in [16] im Detail beschrieben.

Ein standardisierter solcher Test für die Laboranwendung ist in [18] nachzulesen.

Durchführung des Tests:

Einen einzelnen Tropfen vorsichtig auf die zu prüfende Materialoberfläche bringen. Bei vertikalen Flächen Tropfen vorsichtig anhängen (Abbildung 1). Bei horizontalen Flächen Tropfen auf keinen Fall fallen lassen, sondern ebenfalls vorsichtig auflegen.

Sobald der Tropfen hängt respektive liegt, wird die Zeit gestoppt, bis der Tropfen so vom Material aufgesaugt ist, dass kein Oberflächenglanz mehr sichtbar ist. Die ge-

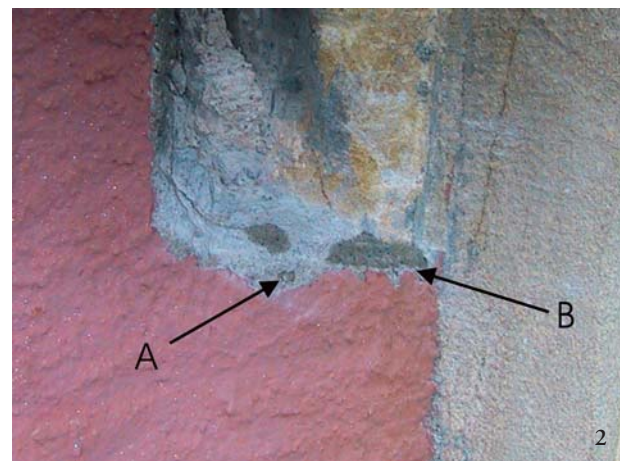
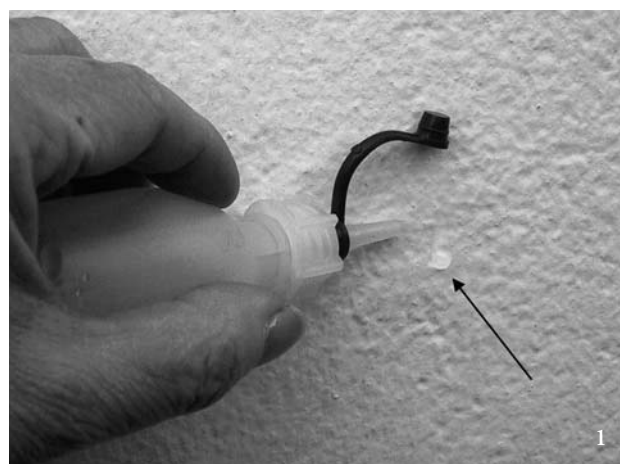


Abbildung 1: Wassertropfen (Pfeil) an senkrechter Fläche mit hydrophobem Anstrich.

Abbildung 2: Wassertropfen auf horizontaler Bruchfläche. Die äußerste Putzschicht sowie der Anstrich sind hydrophob (siehe stehenden Tropfen bei A), die darunter liegenden Materialien (B) dagegen jedoch nicht.

2 Farbveränderungen einer Malschicht, im nachstehend vorgestellten Flammentest, von Gelb nach Rot können zwar ein Hinweis auf Ockerpigmente sein, sie sind aber keinesfalls ihr gesicherter Nachweis!

3 siehe z. B. bei den Tröpfchentests

stoppte Zeit wird hier „Aufsaugezeit“ genannt. Für Vergleichsmessungen zwischen verschiedenen Materialien können die Mittelwerte aus den Aufsaugezeiten an jeweils etwa 10 Stellen der Materialoberfläche verwendet werden (siehe auch [18]).

Beim Aufsaugen des Wassertropfens wird gleichzeitig die Ausbreitung des sich bildenden feuchten Bereichs beobachtet.

Mögliche Beobachtungen / geeignet für:

Je größer die saugenden Poren, desto schneller wird ein Wassertropfen in einem nicht hydrophoben Material in die Tiefe gesaugt. Materialien oder Stellen, welche in diesem Test kürzere Aufsaugezeiten ergeben als andere, werden auch andere Flüssigkeiten als reines Wasser schneller aufsaugen. Der Wassertropfen-Test ist besonders geeignet um hydrophobe Oberflächen nachzuweisen (siehe Abbildungen 1 und 2).

Ergibt sich aus einem einzelnen Wassertropfen eine große benetzte Fläche, kann davon ausgegangen werden, dass das Wasser nur wenig in die Tiefe gesaugt wurde, dass also nur die äußerste Oberfläche des Materials für Wasser benetzbar ist.

Entwickelt sich der feuchte Hof auf einer horizontalen Fläche sehr asymmetrisch, so wurde das Wasser auf eine, von den Porenräumen her gesehen, heterogene Stelle gebracht, wo sich das Wasser zum Beispiel entlang eines Risses sehr viel schneller verteilen konnte als auf dem Rest der Fläche.

Vorsicht / häufige Fehler:

Die Größe des entstehenden Tropfens ist von der Lochweite der Öffnung des Fläschchens abhängig. Deshalb ist es wichtig, falls die Aufsaugezeiten für die Tropfen verglichen werden sollen, immer die gleiche Tropfflasche zu verwenden.

Selbst feine Risse beschleunigen die Aufsauggeschwindigkeit drastisch. Wenn ein Material feinste, von Auge eventuell schwer wahrnehmbare Risse enthält, muss sicher gestellt sein, dass nicht ungewollt Rissstellen mit rissfreien Stellen verglichen werden.

Auf Flächen mit oberflächlich abgebauter, darunter aber intakter Hydrophobierung (siehe [5]) ist die Ausbreitung des feuchten Bereichs sehr aufschlussreich.

Der häufigste Fehler scheint zu sein, dass anstelle des vorsichtigen Anbringens von kleinen Tropfen, die Testflächen mit der Giesskanne oder ähnlich grossen Wassermengen

benetzt werden. Mit solchen Wassermengen lassen sich aber auch hydrophobe Flächen benetzen, ohne dass erkannt werden kann, dass das Wasser nicht in die Tiefe gesaugt wird.

Je nach Witterungsverhältnissen werden die Wassertropfen nicht nur in die Tiefe gesaugt, sondern auch in die Umgebung verdunsten, deshalb können streng genommen nur Messungen, die bei den genau gleichen Bedingungen gemacht wurden, miteinander verglichen werden. Für das Eindringen von Flüssigkeiten spielt auch die Materialfeuchtigkeit zu Beginn des Tests eine Rolle und zwar so, dass Wasser bei feuchten Verhältnissen schneller eindringt. Auch hier können streng genommen nur Messungen, welche bei genau gleichen Verhältnissen gemacht wurden, verglichen werden.

3.3 Lösungsmitteltropfen-Test

Benötigtes Material:

kleine Tropfflasche aus PE Inhalt 50 ml

Lösungsmittel z. B. Technischer Alkohol; Rein- oder Wundbenzin oder Brennspritus

Weiterführende ergänzende Literatur:

Das generelle Verhalten von Porenräumen gegenüber Flüssigkeiten wird in [16] im Detail beschrieben.

Durchführung des Tests:

Wie Wassertropfentest;

Für alle Versuche, welche verglichen werden sollen, immer das gleiche Lösungsmittel aus der gleichen Tropfflasche verwenden.

Beobachtungen / geeignet für:

Wenn eine Materialoberfläche kein oder kaum Wasser aufsaugt, so kann dies verschiedene Gründe haben. Entweder sind keine oder allzu feine Poren vorhanden (z. B. bei vielen sehr dichten Kalksteinen) oder die Poren sind durch eine Behandlung verstopft oder das Material ist hydrophob. Im letzten Fall wird das Eindringen von polaren Flüssigkeiten wie Wasser dadurch verhindert, dass die Porenwände für sie nicht mehr benetzbar sind. Unpolare Flüssigkeiten wie viele organische Lösungsmittel können aber die Porenwandungen nach wie vor benetzen und damit auch problemlos kapillar ins Porensystem eingesaugt werden.

Wenn also Wassertropfen von einem Material abperlen, Lösungsmitteltropfen dagegen problemlos eingesaugt wer-

den, so bedeutet dies, dass das Material hydrophob aber dennoch offenporig ist. Werden dagegen weder Wasser noch Lösungsmittel eingesaugt, so sind entweder keine, äußerst kleine oder verstopfte Porenräume vorhanden.

Vorsicht / häufige Fehler:

Nur Messungen, welche mit der gleichen Flüssigkeit gemacht wurden, können verglichen werden.

Die Größe eines Tropfens welcher sich an einer Flaschenöffnung unmittelbar vor dem Abfallen bildet, ist direkt proportional zur Oberflächenspannung der Flüssigkeit (siehe [6]). Da die hier genannten Lösungsmittel eine deutlich tiefere Oberflächenspannung als Wasser haben, werden die sich bei gleicher Flaschenöffnung bildenden Lösungsmitteltropfen in jedem Fall kleiner sein als es die Wassertropfen wären, welche sich bei Verwendung der gleichen Flasche bilden würden. Deshalb können die Aufsaugzeiten von Wasser- und Lösungsmitteltropfen nicht direkt miteinander verglichen werden.

Fast alle Lösungsmittel verdunsten viel schneller als Wasser, deshalb sind weder die Größen der sich mit verschiedenen Flüssigkeitstropfen bildenden feuchten Bereiche noch die Aufsaugzeiten verschiedener Flüssigkeiten miteinander vergleichbar.

3.4 pH-Test

Benötigtes Material:

Universalindikatorpapier, am besten mit einem weiten pH-Bereich von 1 bis 14

Kleine PE-Flasche mit sauberem, gering mineralisiertem Trinkwasser oder demineralisiertem Wasser (wie für Wassertropfen-Test)

Kleiner Porzellanmörser mit Pistill oder Objektträger mit Vertiefung und kleiner Glasstab

Taschenmesser oder Skalpell

Weiterführende ergänzende Literatur:

Eine Liste der pH-Werte der verschiedenen Salze findet sich in [4]. Eine ausführliche Anleitung zum Vorgehen bei der pH-Bestimmung von Einzelmineralien sowie eine zugehörige entsprechende Wertetabelle werden bei [19] gegeben.

Der Karbonatisierungsgrad von Zement- aber auch Kalkmörteln kann auch mit Hilfe einer 1 % alkoholischen Phenolphthalein-Lösung getestet werden (siehe z. B. [14]). Die ursprünglich farblose Test-Lösung verfärbt sich bei einem pH-Wert von größer als etwa 8,4 rosa.

Durchführung des Tests:

- a) *pH-Wert von Salzausblühungen*: Das pH-Papier wird mit etwas Wasser befeuchtet und in die Salzausblühungen gehalten oder die entnommenen Salze werden locker auf das feuchte pH-Papier gestreut. Nach einer kurzen Wartezeit wird der pH-Wert durch Vergleichen mit den Farben auf der Packung bestimmt. Dabei ist nur eine grobe Bestimmung nötig. Bewährt hat sich die Einteilung 5 oder kleiner = saure Salze, 6–8 = neutrale Salze; 9–10 = leicht alkalische Salze; >11 = alkalische Salze (siehe auch [4]).
- b) *pH-Wert von einzelnen Mineralien oder Materialkrümeln*: Die Mineralien oder Materialkrümel werden mit Hilfe eines Messers oder Skalpells möglichst einzeln aus der Probe entnommen und in den Mörser oder die Vertiefung des Objektträgers gelegt. Es werden wenige Tropfen Wasser dazugegeben und die Krümel darin zu einer Suspension fein zerrieben. Der pH-Wert der Suspension wird mit Hilfe des pH-Papiers ermittelt.

Beobachtungen / geeignet für:

- a) *Salzausblühungen*: Erkennen von sauren, neutralen oder alkalischen Ausblühungssalzen. Ihre Verteilung am Objekt kann in Pläne eingetragen werden, was unter Umständen entscheidend sein kann beim Erkennen, woher die Salze stammen [4].
- b) *pH von Materialien*: Unterscheiden von verschiedenen Baumaterialien, insbesondere alkalische Mörtel aber auch einzelnen Mineralien (siehe [19]).

Vorsicht / häufige Fehler:

Vorsicht, wenn deionisiertes Wasser verwendet wird. Hiermit zeigt pH-Papier wegen des geringen Ionengehaltes einen leicht sauren pH-Wert an, deshalb erscheint für diesen Test die Verwendung von gewöhnlichem, nicht übermäßig mineralisiertem Trinkwasser vorteilhafter. Bei farbigen Mineralien wird die Farbveränderung des pH-Papiers manchmal durch die Eigenfarbe der Mineralsuspension überlagert, so dass das Ablesen des pH-Wertes behindert werden kann.

3.5 Flammen-Test

Benötigtes Material:

Sauberes Taschenmesser oder Skalpell

Feuerzeug

Eventuell Stecknadel und Pinzette

Weiterführende ergänzende Literatur:
keine

Durchführung des Tests:

Entnehmen einer kleinen Probe in Form eines Krümelns oder Farbschicht-Splitters mit Hilfe des Messers oder Skalpells. Die Probe wird auf die Messerklinge gelegt, mit Hilfe einer Pinzette gehalten oder, falls sie sehr klein ist, auf die Stecknadel gespießt.

Die Probe wird so tief in die Flamme hinein gehalten, dass sich möglichst wenig Ruß an der Probe selber, am Messer oder am Skalpell niederschlägt.

Beobachtungen / geeignet für:

Weißer biologischer Bewuchs, wie zum Beispiel Schimmel, ist nicht immer ohne weiteres von flaumförmigen Salzausblühungen zu unterscheiden. Wird ein solcher Flaum aber angezündet, so brennt oder verglüht er, wenn es sich um Biologie gehandelt hat, Salze dagegen schmelzen oder zerplatzen [4].



Abbildung 3: Der Malschichtsplitter ist auf der Seite im Bild rechts bis zur grauen Linie in die Feuerzeugflamme gehalten worden. In diesem rechten Teil sind alle in der Farbschicht enthaltenen organischen Bestandteile restlos verglüht. Im grauen Streifen sind die organischen Bestandteile dagegen lediglich verkohlt und links der grauen Zone ist die Probe noch unverändert.

Falls eine Malschichtprobe organisches Material enthält, glüht oder brennt sie weiter, auch nachdem die Flamme weggenommen wurde (Abbildung 3). Zudem entwickelt sich bei vielen Materialien ein charakteristischer Geruch (ausprobieren!).

Materialien, welche durch Oxidieren eine Farbveränderung erfahren, können erkannt werden. Dazu gehören manche Pigmente (Abbildung 4) aber auch verschiedene Gesteine (siehe zum Beispiel in [1], Seite 308).

Vorsicht / häufige Fehler:

Die Flamme des Feuerzeugs rußt und verschwärzt dadurch die Probe, auch ohne dass organisches Material in der Probe vorhanden ist.



Abbildung 4: In einer der Apsiden in der Klosterkirche von Müstair (Schweiz) hat sich die gelbe Farbe (Ocker?) dort zu Rot verändert, wo früher einmal Kerzenflammen in der Nähe waren (Pfeil). Solche Farbveränderungen sind recht häufig an Wandmalereien zu beobachten.

4. Schlussbemerkungen

Hier wurden lediglich die von uns regelmässig benutzten Feldtests und Beobachtungsmethoden angeführt und es wurde dabei vor allem auf die wichtigsten Rückschlüsse hingewiesen. Es bleibt nun der Leserin oder dem Leser überlassen, die dargestellten Methoden ihren oder seinen Bedürfnissen anzupassen. Zudem können natürlich weitere Testmethoden, die am Objekt selber anzuwenden sind, entwickelt werden. Denkbar wären zum Beispiel die Löslichkeit von Materialien mit verschiedenen Lösungsmitteln zu prüfen,⁴ Materialhärten mittels der Moos'schen Härteskala oder Farben mittels Farbskalen zu bestimmen und so weiter.

Nochmals sei allerdings betont, dass die Stärke solcher Versuche vor allem darin liegt verschiedene Stellen am gleichen Objekt bezüglich ganz bestimmter Eigenschaften rasch miteinander und in ihrer Entwicklung im Verlaufe der Zeit zu vergleichen, dass die Versuche jedoch in keinem Fall Absolutwerte hervorbringen. Diese einfachen Versuche können aber unter Umständen die Entscheidungsgrundlage für die Auswahl von Proben für Laboruntersuchungen bilden.

Literatur

- [1] Althaus, K. (2000): „Zur Verwitterung der Kulturbauten aus Elbsandstein. Teil 2: Auswirkungen des Nebenmineralgehaltes.“ *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*, Jg. 14/2000, 2, 285–312.
- [2] Arnold, A. & Zehnder, K. (1991): *Monitoring wall paintings affected by soluble salts. The Conservation of Wall Paintings. Proceedings of a symposium organized by the Courtauld Institute of Art and the Getty Conservation Institute, London, July 13–16, 1987, 103–135.* – The Getty Conservation Institute.
- [3] Bläuer Böhm, C. (1992): „Weathering of the Nydegg bridge in Berne, Switzerland.“ *7th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Lisbon Portugal, 1992, 979–988.*
- [4] Bläuer Böhm, C. (1994): „Salzuntersuchungen an Baudenkmalern.“ *Z. Kunsttechnologie und Konservierung*, 8/1, 86–103.
- [5] Bläuer Böhm, C. (2005): „Auswirkungen von hydrophoben Fassadenmaterialien auf die Erhaltung und Pflegefähigkeit von Baudenkmalern. Beobachtungen aus der Praxis.“ Sonderdruck aus: *Klimastabilisierung und bauphysikalische Konzepte* (Hrsg. Exner, M., Jakobs D.), ICOMOS. Hefte des Deutschen Nationalkomitees XLII, Tagung Insel Reichenau 25.–27.11.2004, S. 117–128.
- [6] Brezesinski, G. & Mögel, H.-J. (1993): *Grenzflächen und Kolloide. Physikalisch-chemischen Grundlagen.* Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford.
- [7] Cather, S. (2003): *Assessing causes and mechanisms of detrimental change to wall paintings.* In: R. Gowing and A. Heritage (Eds) *Conserving the painted past: developing approaches to wall painting conservation. Post-prints of a conference organised by English Heritage, London 2–4 December, London.*
- [8] Charta von Venedig (1964): In Deutsch als PDF-Datei erhältlich unter: <http://www.bda.at/documents/455306654.pdf> (30.11.2006)
- [9] Eckstein, G. & Stiene A. [Ed.] (2002): *Das Salemer Münster. Befunddokumentation und Bestandssicherung an Fassaden und Dachwerk. Arbeitsheft 11. Landesdenkmalamt Baden-Württemberg. Konrad Theiss Verlag, Stuttgart.*
- [10] Fitzner, B. (2004): „Documentation and evaluation of stone damage on monuments.“ *10th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Proceedings, Stockholm, June 27–July 2, 2004, Volume 2, p. 677–690. s. a. http://www.stone.rwth-aachen.de/atlas1.htm* (28.11.2006).
- [11] Fitzner, B. & Heinrichs, K. (2006): *Damage diagnosis on stone monuments – weathering forms, damage categories and damage indices.* http://www.stone.rwth-aachen.de/decay_diagnosis.pdf (28.11.2006).
- [12] Fitzner, B. & Heinrichs, K. (2005): „Bauwerksskartierung – ein Verfahren zur quantitativen Bewertung

4 Dies wird in der restauratorischen Praxis regelmässig gemacht, wenn Reinigungsmethoden gesucht werden.

- der Verwitterungsschäden an Natursteinbauwerken.“ *Stein. Zerfall und Konservierung*. S. 56–60.
- [13] Häfner, Klaus (2003): Die Verwendung von Kieselsäureester zur Festigung salzbelasteter Wandmalerei. Tagungsbeiträge zu „Mauersalze und Architekturoberflächen“, HfBK Dresden, 1.–3.2.2002, S. 107–120.
- [14] Henning, O. & Knöfel, D. (1989): „Baustoffchemie: eine Einführung für Bauingenieure und Architekten. 4. durchgesehene Aufl.“ VEB Verl. f. Bauwesen, Berlin.
- [15] ICOMOS-ISCS, Illustrated Glossary on stone deterioration. <http://www.lrmh.fr/icomos/icomos/consult/index.htm> (28.11.2006).
- [16] Jeannette, D. (1997): Structures de porosité, mécanismes de transfert des solutions et principales altérations des roches des monuments. *La pietra dei monumenti in ambiente fisico e culturale. Atti del 2° Corso Intensivo Europeo tenuto a Ravello e a Firenze dal 10 al 24 aprile 1994*, 49–77.
- [17] Price, C.E. (2000): An expert chemical model for determining the environmental conditions needed to prevent salt damage in porous materials. Research report No 11, European Commission. Technologies to protect and rehabilitate European Cultural Heritage. Project ENV4-CT95-0135 (1996–2000).
- [18] RILEM 25-PEM (1980): „Essais recommandés pour mesurer l’altération des pierres et évaluer l’efficacité des méthodes de traitement.“ *Matériaux et Constructions* 13, N. 75, 175–253.
- [19] Stevens, R.E. & Carron, M.K. (1948): „Simple field test for distinguishing minerals by abrasion pH.“ *Amer. Mineralogist*, p. 31–49.
- [20] Storemyr, P. (1997): The stones of Nidaros. An applied weathering study of Europe’s northernmost medieval cathedral. PhD-thesis University Trondheim.