



Expert-Center für Denkmalpflege, Hardturmstrasse 181, 8005 Zürich, 01/633 62 41/47

Überlegungen zum Anbringen eines Schutzanstrichs an der Westfassade des Münsterturms in Bern

1. Einleitung

Verwitterungsvorgänge geschehen im Zusammenspiel zwischen Umgebungsbedingungen und Materialeigenschaften. Sie werden angetrieben durch das Bestreben der Materialien, sich möglichst in ein Gleichgewicht mit ihrer Umgebung zu begeben.

Für die Art der sich bildenden Verwitterungsformen sind einerseits die an einem bestimmten Ort herrschenden spezifischen Umgebungsbedingungen (äussere Einwirkungen wie Temperaturschwankungen, Lichteinwirkungen, Feuchtigkeit in Form von Regen, Schnee, Tau (Kondensation), Staub und Säureniederschläge, Gase, Wind, Organismen, Erschütterungen und Katastrophen¹) und andererseits die dem Baustoff innewohnenden chemischen und physikalischen Eigenschaften (innere Einwirkungen² wie Löslichkeit, Porosität, etc.) entscheidend.

Die Entscheidung, ob eine Konservierungsmassnahme wie z.B. ein Schutzanstrich richtig sei, setzt die Kenntnis möglichst vieler an dem spezifischen Ort auf das spezifische Material einwirkenden äusseren und inneren Einflüsse voraus. Im vorliegenden Bericht wird versucht, möglichst viele am Münster und im speziellen am Turm eine Rolle spielende Faktoren aufzuzeigen und ihre relative Wichtigkeit zu diskutieren.

2. Innere Einwirkungen

Weitaus der grösste Teil der Verwitterungserscheinungen an Baustoffen entsteht unter Mitwirkung von Wasser in irgend einem Aggregatzustand. Wasser spielt eine Rolle bei der chemischen Auflösung, bei Frost- oder Salzsprengung sowie beim Bewuchs mit Pflanzen, Pilzen, Algen u.s.w.

Die Fähigkeit eines Baustoffs, Flüssigkeiten aufzunehmen, zu transportieren oder zurückzuhalten, ist dabei von zentraler Bedeutung. So wird zum Beispiel die Menge an Material, das in einer bestimmten Situation gelöst wird, nicht nur von der Löslichkeit des Materials abhängen, sondern, sie wird vor allem auch dadurch bestimmt, wie lange der Kontakt zwischen dem Wasser (Lösungsmittel) und dem Material andauert. Ein Material, welches Wasser lange in seinen Porenräumen zurückhält, kann folglich besser angelöst werden als ein Material mit der gleichen Löslichkeit aber schlechtem Rückhaltevermögen für Wasser.

¹ Aufzählung nach. Arnold, A. (1985). "Die Verwitterung von Bau- und Kunstdenkmälern aus mineralischen Materialien." Histor. Technol. u. Konservierung v. Wandmalerei. Verl. Paul Haupt, Bern, 1-13.

² A. Arnold (1985, s. Anm. 1) schreibt dazu: „Auf die inneren Einwirkungen hinzuweisen ist schon deshalb nützlich, weil man unter Konservierung normalerweise nur eine Schutzbehandlung der Oberfläche gegen äussere Einwirkungen versteht und dabei vergisst, dass auch innere Einwirkungen am Werk sind. Dazu sind zu rechnen: die Materialfeuchte und ihre Wanderung, die Salze...“

Auch für die Aktivität verschiedener Verwitterungsprozesse und damit die Ausbildung verschiedener Verwitterungsformen wie Salz- oder Frostsprengung kommt es auf die innere Struktur des Materials an. So werden zum Beispiel Materialien bei gleicher Salzbelastung ganz unterschiedlich stark verwittern, je nach dem ob die Salze beim Austrocknen innerhalb des Materials oder auf der Oberfläche kristallisieren, der Ort der Kristallisation wird aber entscheidend durch die Art und Geschwindigkeit des Flüssigkeitstransports beeinflusst.

Die Kenntnisse dieser sogenannten petrophysikalischen Parameter sind einerseits somit notwendig zum Verständnis der Verwitterungsvorgänge, andererseits aber auch zur Entwicklung von Konservierungsmassnahmen. Dabei ist sowohl die sogenannte „präventive Konservierung“ gemeint, bei der die Umgebungsbedingungen eines Objektes so eingestellt werden, dass das Objekt möglichst nicht mehr weiter verwittert (z.B. Abdeckungen gegen Regen, Museum), als auch Konservierungsmassnahmen, die mit dem Einbringen einer Flüssigkeit in den Porenraum verbunden sind (z.B. Gesteinsfestigung, Massnahmen zur Salzreduktion, Schutzanstrich³).

Das Verständnis des Transports von Flüssigkeiten und Gasen in anorganischen Baustoffen wird damit zu einem wichtigen Ausgangspunkt für das Verständnis der Verwitterungserscheinungen an porösen Baustoffen sowie deren Behandlung.

2.1 Kapillartransport

Kapillartransport im Porenraum bedeutet immer, dass eine netzende fluide Phase eine nicht netzende fluide Phase (d.h. "fliessende" Phase, was nicht unbedingt auch flüssig sein muss) verdrängt. Im Falle des Eindringens von Wasser in eine Kapillare ist Wasser die netzende Phase, welche Luft als die nicht netzende Phase verdrängt.

Die Geschwindigkeit, mit welcher eine Kapillarröhre Flüssigkeiten einsaugt, ist umso langsamer, je feiner die Poren sind (bei weitaus den meisten Sandsteinen gilt, dass je feinkörniger sie sind desto langsamer nehmen sie Wasser auf, aber auch desto länger halten sie einmal aufgenommenes Wasser zurück).

Kapillares Eindringen von Flüssigkeiten in poröse Materialien verläuft linear zur Wurzel der Zeit, d.h. es wird mit der Zeit immer langsamer (zwei Stunden gleichmässiger Regen auf eine Oberfläche bewirkt eine deutlich weniger als doppelt so hohe Benetzungstiefe verglichen mit lediglich einer Stunde Beregnung).

Horizontal ist das kapillare Eindringen theoretisch unendlich. Dringt die Flüssigkeit aber von unten in eine geneigte oder senkrechte Kapillare ein, so wirkt der Kapillarkraft die Schwerkraft entgegen. Wenn Kapillarkraft und Schwerkraft sich die Waage halten, ist die maximale Steighöhe erreicht. Dass die Grundfeuchte in der Altstadt von Bern selten höher als etwa 3 Meter reicht, lässt sich mit Hilfe dieser Gesetzmässigkeit begründen.

Beim kapillaren Aufsaugen von Flüssigkeiten in Porenräume wird nicht der ganze Porenraum mit Flüssigkeit gefüllt. Da die netzende fluide Phase eine andere nicht netzende fluide Phase verdrängen muss, also z.B. Wasser Luft verdrängt, wird Luft in Form von Blasen in den grösseren Poren eingeschlossen. Frostbeständige Materialien sind meist solche, welche viel Luft einschliessen, d.h. deren Porenraum auch bei starker Benetzung nur zu einem verhältnismässig geringen Teil mit Wasser gefüllt ist.

2.2 Adsorption von Gasen auf Feststoffen (Kondensation auf Oberflächen)

Oberflächen von Feststoffen tragen eine gewisse Oberflächenladung. Befindet sich der Feststoff an feuchter Luft, so fixiert er je nach seinen Oberflächeneigenschaften, der herrschenden Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf seiner (inneren) Oberfläche eine oder mehrere Moleküllagen Wasser. Auf unporösen Feststoffen bildet sich ein Wasserfilm (oder

³ je nach Betrachtungsweise (und verwendetem Material) gehört ein Schutzanstrich eher in diese oder jene Kategorie der Konservierungsmassnahmen

Tröpfchen), auf porösen Feststoffen (Sandstein) bildet sich kein sichtbarer Film, denn das Wasser wird sofort in die Poren aufgesogen.

2.3 Verdunstung resp. Trocknung

Die Geschwindigkeit der Austrocknung poröser Materialien wird einerseits von den Umgebungsbedingungen wie Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Intensität der Luftbewegung bestimmt. Andererseits entscheidet die Beschaffenheit des Porensystems darüber, wie rasch Flüssigkeit vom Innern an die trocknende Oberfläche nachströmen kann und damit, ob die Flüssigkeit vor allem an der Oberfläche oder im Inneren des Materials verdunstet. Grundsätzlich werden Flüssigkeiten in feinen Poren stärker zurückgehalten als in groben. Feinkörnige Materialien haben in der Regel feinere Poren als grobkörnige. Deshalb kann z.B. bei Sandsteinen mit einer Wechsellagerung von feinkörnigen und grobkörnigen Lagen davon ausgegangen werden, dass die feinen Lagen nach einer Durchfeuchtung länger feucht bleiben als die groben.

Werden Prismen poröser Materialien zuerst voll getränkt mit Wasser, anschliessend fünf der sechs Seiten luft- und wasserdicht verschlossen, so dass eine Seite offen bleibt und das Ganze bei konstanter Luftfeuchtigkeit und Windstille zum Trocknen aufgestellt, so zeigen die Trocknungskurven zwei meist gut unterscheidbare Abschnitte. Im ersten verläuft die Trocknung relativ rasch und linear mit der Zeit. In diesem Abschnitt sieht das Material feucht aus, denn das Wasser verdunstet an der Oberfläche, und es wird ebenso rasch kapillar aus dem Inneren an die Oberfläche transportiert.

Dann folgt ein Abschnitt, in dem die Trocknungsgeschwindigkeit mit der Zeit immer geringer wird. Die Oberfläche des Materials erscheint jetzt trocken (Trocknung verläuft durch Dampfdiffusion aus dem Steininneren). Je kleiner der Anteil an Feuchtigkeit ist, der das Material einzig dampfförmig und damit langsam verlassen kann, desto mehr neigt ein Material z.B. dazu, Salzausblühungen auf seiner Oberfläche zu bilden.

3. Äussere Einwirkungen

3.1 Regen

Die Hauptregenrichtung ist in Bern Westen und Nordwesten. Nicht selten kommt der Regen jedoch auch aus dem Nordosten⁴. In der Nähe von Gebäuden können Wirbel unter Umständen bewirken, dass der Regen bei Westwind auch an die Ostfassade geblasen wird.

Zur Illustration sind im Anhang 3 Bilder von regennassen Fassaden beigelegt. Diese zeigen deutlich, dass die oberen Stockwerke jeweils deutlich mehr Regen abbekommen als die unteren. In allen drei Fällen war die Hauptregenrichtung offenbar Westen. Dies muss wie gesagt nicht immer so sein. Des weiteren ist anzumerken, dass Fassaden aus porösen Materialien eher selten regennass zu beobachten sind⁵. Meistens scheint auftreffender Regen sehr schnell eingesogen zu werden. Die beiden Fotos 2 und 3 wurden denn auch nach längeren Regenperioden aufgenommen.

Bezüglich des Aufbringens eines Schutzanstrichs scheinen die Betrachtungen zur Intensität des Regens vor allem deshalb notwendig, weil damit auch gesagt wird, dass aus Erfahrungen mit einem Material in den unteren Fassadenbereichen nicht ohne weiteres auf zu erwartende Erfolge in der Höhe des Turmes geschlossen werden darf. Allfällige Versuchsflächen müssen also, trotz schlechterer Zugänglichkeit, am Turm selber angebracht werden.

3.2 Schnee/ Frost

⁴ s. Bläuer, C. (1987). Verwitterung der Berner Sandsteine. Diss. Uni. Bern.

⁵ Einschränkung ist anzumerken, dass meine Erfahrungen sich hauptsächlich (aber nicht nur) auf Beobachtungen in der Stadt Bern und Fassaden aus Berner Sandstein stützen.

Mit der Ablagerung von Schnee muss auf allen vorspringenden Teilen gerechnet werden. Schneepolster schmelzen meist an ihrer Unterseite, also im Kontakt zum Stein an. Dieses Schmelzwasser kann dann vom Stein aufgesogen werden. Wenn es kurze Zeit später wieder gefriert, muss in den mit Wasser durchtränkten Bereichen mit Frostsprengungsschäden gerechnet werden.

Bei Berner Sandsteinen ohne Schutzanstrich wird das Schneesmelzwasser rasch und relativ tief in den Stein hinein gesogen, wobei wie unter 2.1. beschrieben nicht der ganze Porenraum mit Wasser gefüllt wird. Je nach den genauen Gegebenheiten zum Zeitpunkt des Gefrierens kann es zu Schäden kommen oder nicht.

Auch wenn solche Schnee-Ereignisse in Bern nicht allzu oft vorkommen, so sind es doch sehr starke Einflüsse, die schon nach wenigen Wiederholungen zu Schäden führen können.

3.3 Kondensation am Bau im Äusseren

Kondensation von Wasser auf unporösen Oberflächen kann z.B. beobachtet werden, wenn kalte Flaschen aus dem Kühlschrank an die warme Sommerluft gebracht werden. Obwohl Kondensation auf (in) porösen Baumaterialien nicht so einfach beobachtet werden kann geschieht sie immer dann, wenn kalte Mauern von relativ feuchter, warmer Luft umgeben werden (z.B. 20°C warme Luft mit 80% Luftfeuchtigkeit welche eine lediglich 16°C kühle Mauer umgibt, s. nachstehende Tabelle). Oft geschehen solche Kondensationsereignisse im Frühling, wenn die Luft bereits warm ist und die Mauern noch kalt sind. Bezüglich Kondensation gefährdet sind z.B. beschattete Teile u.a. unter Dachvorsprüngen etc.

Temperatur / Rel. Luftfeuchtigkeit	25°C	20°C	15°C
80%	21.3	16.4	11.6
70%	19.1	14.4	9.6
60%	16.7	12.0	7.3

Tabelle einiger Taupunkttemperaturen in °C bei verschiedenen Lufttemperaturen und gegebenen Luftfeuchtigkeiten

3.4 Sonne und Wind

Sonne und Wind beschleunigen beide das Austrocknen nasser Materialien. Dabei kann es sein, dass die Grenze feucht zu trocken ins Steininnere verlagert wird. Dies dürfte eine der wichtigsten Ursachen für Schalenbildungen an Berner Sandsteinen sein. Diese Verwitterungsform ist immer mit der Anreicherung von Salzen in der Lockerzone unter der Schale verbunden. Schalenbildung kommt bei Berner Sandsteinen nach meiner Beobachtung fast ausschliesslich an Westseiten vor, also an Stellen, welche bei Regen nass werden, aber danach rasch wieder austrocknen.

3.5 Bewuchs

Berechnete Stellen, bei denen das Wasser etwas länger liegen bleibt, sind meistens mit Organismen bewachsen (s. Figur 5 im Anhang). Diese Organismen bewirken ihrerseits, dass der Stein relativ ausgeglichen feucht bleibt, denn sie speichern diese Feuchtigkeit für ihr Überleben. Deshalb sind bewachsene Stellen wahrscheinlich frostgefährdeter als bewuchsfreie. Dabei kommt es allerdings auch auf die Menge an Bewuchs an. So dürfte ein dickes Moospolster die grössere Wirkung zeigen als ein dünner Flechtenbelag.

4. Beobachtungen zur Sandsteinverwitterung am Münster

Im Anhang (Figuren 4 bis 9) sind einige Bilder vom Zustand der Münsterturm-Westfassade von 1985 wiedergegeben. Aus den Beobachtungen am Objekt und aus theoretischen Überlegungen abgeleitet werden in den Figuren 10a bis 10e die Witterungseinflüsse dargestellt und schematischen Skizzen zusammengefasst (Legende s. Tabelle im Anhang).

Auffallend ist, dass die beregneten und regelmässig abgewaschenen Steine⁶ meist in einem besseren Zustand waren als die unmittelbar darunter im Regenschatten liegenden Stellen⁷, die wohl zusätzlich durch von hinten eindringendes Wasser beeinträchtigt wurden. Bei allen in unberegneten, aber auch schattigen Bereichen liegenden Schäden kann davon ausgegangen werden, dass ein grosser Teil des ins Material eingebrachten (Regen)wassers bis dort hin durch „sickerte“⁸ wo es verdunstete⁹ und jeweils die mitgeführten Salze¹⁰ ablagerte, die dann die Schäden bewirkten.

5. Anforderungen an eine Schlämme oder einen Schutzanstrich

Grundsätzlich sollte der Schutzanstrich die natürliche Verwitterung der Steine verzögern und auf keinen Fall sollte er die Verwitterung verstärken.

Ausgehend von den obigen Schilderungen, welche sich gegenseitig widersprechen, müssten diese zwei technische Ansprüche erfüllen :

1. Der Schutzanstrich sollte auftreffendes Wasser daran hindern in die Sandsteine einzudringen.
2. Er sollte in die Steine eingedrungenes Wasser möglichst genau so gut aus den gestrichenen Steinen austreten lassen wie aus unbehandelten Steinen

Nachstehend sollen einige Überlegungen zu den verschiedenen, bisher am Münster besprochenen und theoretisch in Frage kommenden Schutzanstrichsystemen gemacht werden.

5.1. Durchlässige, dünne Anstrichschicht

5.1.1 Kalk oder Kalkkasein

Nach Messungen von Herm (1997)¹¹ verändern Kalkfarben, Kalkkasein- und Kalkdispersionsfarben auf Gotlandsandstein die kapillare Wasseraufnahme nur wenig. Die gleichen Farbtypen verringern die Dampfdiffusion nur geringfügig. Im Freibewitterungsversuch waren alle drei genannten Anstrichtypen auf Gotlandsandstein nach 41 Monaten weitgehend abgebaut.

Ähnliche Ergebnisse zur Wasseraufnahme unter anderem an gestrichenen Obernkirchner Sandsteinen haben Brandes & Stadlbauer (1995) gefunden¹².

Herm (1997)¹³ hat zeigen können, dass die hygri-schen Eigenschaften von Anstrichen nicht nur von ihrer chemischen Beschaffenheit und Schichtdicke sondern auch vom Untergrund auf den sie aufgetragen werden abhängen. Dies ist ein Grund davon auszugehen, dass sich ein Schutzanstrich auf den unterschiedlichen Materialien verschieden auswirken wird.

Alles in allem bin ich eher pessimistisch was die positiven Auswirkungen eines durchlässigen Schutzanstrichs auf Berner Sandsteinen betrifft. Ich gehe aber auch nicht von sehr

⁶ A in der Tabelle im Anhang und in Figur 10a

⁷ Bereiche F, D und C

⁸ „sickern“ ist hier wohl falsch denn der Transport erfolgt am ehesten kapillar es gibt aber keinen besseren Ausdruck dafür.

⁹ Da diese Stellen schattig und kühl sind und in zurückspringenden Ecken liegen, dürfte hier das Trocken jeweils besonders lange dauern.

¹⁰ Z.B. auch aus dem Staub s. Fig. 10e

¹¹ Herm, C. (1997). „Anstriche auf Naturstein - Untersuchungen zur Zusammensetzung historischer Fassungen, Kolloidchemie von Kalkfarbe und Bauphysik.“ Diss. Ludwig-Maximilians-Universität München.

¹² Brandes, C. and E. Stadlbauer (1995). „Anstrichsysteme auf Naturstein im Bewitterungstest.“ Bautenschutz Bausanierung, 4, 64-68.

¹³ S. Anm. 9

negativen Auswirkungen zum Beispiel der Kalkkaseinschlämme aus, wie sie von Herrn Arn vorgeschlagen wurde. Eine Schlämme nur aus Kalk ohne Zusatz von Kasein scheint nach allen mir bisher bekannten Untersuchungen auf Sandstein nicht dauerhaft genug, dass sich das Experiment lohnt¹⁴.

Nicht ganz so pessimistisch sind die Versuche mit dem auch in Passau verwendeten dispergierten Weisskalkhydrat zu beurteilen¹⁵, wobei hier noch keinerlei Langzeiterfahrung besteht. Zwei Anmerkungen zu dispergiertem Weisskalkhydrat sind nötig: 1. die meisten hierzu bis anhin publizierten Versuche wurden mit selbst von Hand dispergiertem Kalk gemacht und nicht mit dem gekauften Produkt und 2. es ist nicht einfach das Material einzutönen, weil sich die Eigenschaften bei der Zugabe von Pigmenten zu ändern scheinen¹⁶.

Sollte die Kalkkaseinschlämme oder eine andere in Betracht gezogen werden, so müsste das genaue Rezept inklusive aller Zutaten wie Biozide etc. vorgängig diskutiert werden.

5.1.2 Silikatfarbe

Bisher wurden die neuen Oberkirchner Sandsteine zur Farbangleichung jeweils mit Silikatfarbe gestrichen, was dem Augenschein nach unproblematisch ist. Eine Farbangleichung der sehr hellen Oberkirchner an die Berner Sandsteine, wird in jedem Fall auch an der Turm Westfassade nötig sein.

Wenn der Versuch mit dem Schutzanstrich gemacht wird, wäre es sicher wünschenswert alle Sandsteine mit der gleichen Schlämme zu überziehen. Deshalb ist eine weitere Anforderung an die Schlämme, dass sie eine gute Haftung auf allen verschiedenen Untergründen (Berner Sandstein, Obernkirchner Sandstein, Fugenmaterial, weitere?) hat. Der eigentliche Schutzanstrich muss auf den Berner Sandstein abgestimmt werden und haftet dann vermutlich auf dem Oberkirchner nicht genügend¹⁷.

5.2 Dichte, dünne Anstrichschicht auf Oberfläche

Dass aufliegender Schnee eine besondere Belastungsprobe für einen Schutzanstrich darstellt ergibt sich aus der Art wie, auch an sich schlecht durchlässige, Anstriche Wasser aufsaugen. Dispersions- und Silikonharzanstriche saugen Feuchtigkeit in 3 Phasen auf,

1. Anquellen der Beschichtung
2. Eindringen der Wasserfront in die Beschichtung
3. Durchdringen der Beschichtung in den Untergrund

Dabei findet die Phase 2, also die Durchfeuchtung der Beschichtung, nach etwa 1 bis 2 Stunden statt¹⁸. Auf einem Anstrich liegender schmelzender Schnee (Figur 10c) hält das Wasser über längere Zeit an dieser Stelle zurück und kann damit zum Aufquellen des Anstrichs und beim anschliessenden Gefrieren wohl auch zu Rissen (Mikrorissen) im Anstrich führen. Damit wird der Anstrich zumindest stellenweise wasserdurchlässig, er wird hinterwandert und es kommt zu entsprechenden Folgeschäden. Ähnliches kann ein auf der Beschichtung liegender Bewuchs bewirken.

¹⁴ auch die von W. Arn für das Münster hergestellten Versuchsplatten scheinen zu zeigen, dass Kalk- oder Kalkkaseinanstriche auf Sandstein sehr rasch abwittern (Beobachtungen am 15.8.01).

¹⁵ Schaab, C. (2000): Schlämmen und Beschichtungen als Schutz- und Verschleisschicht für Natursteinoberflächen. In E. Jäger (Hrsg.), Dispergiertes Weisskalkhydrat für die Restaurierung, Michael Imhof Verlag, 63-72.

¹⁶ Vortrag C. Schaab April 2000 an der Tagung zu dispergiertem Kalk an der FH Köln.

¹⁷ Denkbar wäre, dass die Obernkirchner Steine, zuerst einen haftvermittelnden Anstrich erhalten, dessen genaue Zusammensetzung noch zu bestimmen wäre.

¹⁸ Herm, C. (1997). "Anstriche auf Naturstein - Untersuchungen zur Zusammensetzung historischer Fassungen, Kolloidchemie von Kalkfarbe und Bauphysik." Diss. Ludwig-Maximilians-Universität München. S224ff

5.3 Hydrophobierung

Hydrophobierungen machen die Oberfläche wasserabstossend sollten aber die Dampfdiffusion möglichst wenig gegenüber unbehandelten Steinen verringern.

Die heute gängigen Silan-Siloxanhydrophobierungen scheinen sich alle im Laufe von relativ kurzer Zeit abzubauen. Der Abbau erfolgt von der Oberfläche her nach innen, so dass die äusserste Schicht bereits nicht mehr hydrophob ist, während der Stein im Innern noch wasserabweisend ist. Dies führt zu einer sehr ungünstigen Benetzung, die verstärkten Befall durch Mikroorganismen und andere Schäden zur Folge haben kann. Um dies zu vermeiden müssen die Hydrophobierungen regelmässig erneuert werden¹⁹.

Durch Risse von weniger als 1 Millimeter Weite, welche von oben benetzt werden, kann trotz Hydrophobierungen Wasser eindringen, wenn es mit der Schwerkraft einsickern kann.

Da Hydrophobiermittel farblos sind können Stellen, wo das Hydrophobiermittel abgebaut ist, nur durch gezielte Messungen erkannt werden.

5.4 Einlassen der Steinoberfläche mit Öl²⁰

Bei den durch Herrn Walser hergestellten Versuchsplatten zeigte das Öl eine Eindringtiefe von mehreren Millimetern. Das bedeutet, dass hier diese verhältnismässig dicke Schicht für Wasser nahezu unzugänglich ist. Hier dürfte es also fast unmöglich sein, auch bei längerem Liegenbleiben von Wasser (Schnee, Bewuchs) die Schicht soweit aufzuquellen, dass Wasser hinter die Schicht eindringen kann. Es ist also anzunehmen, dass eine ölgetränkte Steinoberfläche fast vollständig undurchlässig ist für Wasser. Ob sie das auch für Wasserdampf ist kann ich anhand der mir vorliegenden Unterlagen nicht sagen²¹.

Es muss auf jeden Fall davon ausgegangen werden, dass ein mit Öl eingelassener Stein einmal eingedrungenes Wasser sehr viel stärker zurückhält als ein Stein ohne Öl. Damit müsste also bei einem allfälligen Versuch sicher gestellt sein, dass auf keinen Fall Wasser (in flüssiger Form) hinter die ölhaltige Schicht kommen kann. Dass Wasser von der Oberfläche her eindringen kann scheint nach dem bisher gesagten relativ unwahrscheinlich, vielleicht mit Ausnahme der Stellen in Fugennähe?

Eine Schwierigkeit könnte sich evtl. bieten, wenn Steine mit ausgeprägtem Lager geölt werden. Wenn sich sehr feinkörnige mit gröber körnigen Schichten abwechseln, wird das Öl in den gröberen Lagen zwangsläufig tiefer eindringen als in den feinkörnigeren, möglicherweise lässt sich dies aber bei der Applikation etwas steuern indem z.B. die feineren Bereiche wiederholt mit Öl eingelassen werden²².

Andreas Arnold rät vom ölen verwitterter Steine ab, so habe man z.B. an der Synagoge in Basel damit sehr schlechte Erfahrungen gemacht. Dagegen kenne er viele auf neue Steine aufgebrachte Ölfarbenanstriche, welche sich über Jahre und Jahrzehnte bewährt haben, vor allem dann, wenn sie regelmässig gewartet d.h. erneuert wurden.

¹⁹ nach spätestens 10 bis 15 Jahren manchmal aber schon früher, s. Naturwerkstein und Umweltschutz in der Denkmalpflege, Bildungswerk des Steinmetz- und Bildhauerhandwerks e.V., Wiesbaden.- Ebner Verlag, Ulm. (1997) S. 714

²⁰ Gemäss Restaurator Walser, Besprechung vom 15.8.01 wird hierfür üblicherweise Halböl, eine Mischung 1:1 von Leinöl mit Terpentin verwendet. Da eine Fassade nicht aufgeheizt werden kann, ist es nicht sinnvoll, das Halböl heiss einzulassen, da es sowieso sehr rasch abkühle. Diese Arbeiten seien nur bei bestimmten Witterungsbedingungen ausführbar.

²¹ Bei Untersuchungen an der Schönen Pforte in Bamberg, wo die Steine (3 verschiedene Quarzsandsteine, z.T. tonig gebunden) wahrscheinlich zu früherer Zeit mit Öl eingelassen worden waren, zeigte es sich, dass die Steine weder Wasser noch Ethylalkohol aufnahmen, was auf einen starken Porenverschluss hindeutet. Die Dampfdiffusion konnte leider nicht gemessen werden. Allerdings hatte das Objekt eine sehr bewegte Restaurierungsgeschichte hinter sich, die den Zustand möglicherweise wesentlich beeinflusst hat.

²² Machbar?

Der Abbindeprozess²³ von Leinöl ohne Pigmente ist eine Trocknung durch Reaktion mit dem Luftsauerstoff. Diese Autooxidation führt zu einem beständigen Lackfilm. Der Vorgang der oxidativen Trocknung ist im einzelnen sehr komplex. Er kann durch Sikkative katalysiert werden. Als solche können u.a. Schwermetallsalze wirken. Sie beschleunigen einerseits die Trocknungsreaktion und können andererseits mit Bestandteilen des Öls Metallkomplexe (Seifen) bilden. Bestimmte Pigmente wie z.B. Bleiweiss wirken bezüglich der Öltrocknung als Sikkative und bilden z.B. Bleiseifen.

6. Zusammenfassende Überlegungen

Durchlässige Anstriche verzögern die Wasseraufnahme nur wenig. Damit ist anzunehmen, dass ein solcher Anstrich nur wenig positive Auswirkungen bezüglich der Bausteinverwitterung haben würde, was auch die ersten Ergebnisse der Versuchsplatten zu zeigen scheinen. Allerdings kann auch davon ausgegangen werden, dass ein solcher Anstrich relativ wenig negative Folgen zeitigen dürfte.

Das Abdichten der Oberfläche gegen das Eindringen von Wasser wäre überall da gut, wo Wasser tatsächlich von aussen auf die Fassade trifft. Allerdings nur dann, wenn kein Wasser von hinten eindringen kann und die Abdichtung keine undichten Stellen aufweist. Bei allen diskutierten, die Oberfläche abdichtenden, dünn-schichtigen Systemen muss mit der Zeit damit gerechnet werden, dass sie Wasser stellenweise durchlassen. Dieses Wasser bleibt dann viel länger im Stein als bei unbehandelten Steinen, weil alle dichten Anstrichsysteme die Verdunstung reduzieren, was zu den bekannten Schäden führt.

Von den hier diskutierten Systemen scheint das Einlassen mit Halböl am verheissungsvollsten, weil es am wenigsten anfällig für punktuelle Schäden zu sein scheint. Diese geringe Anfälligkeit beruht meines Erachtens auf der relativ grossen Schichtdicke indem mehrere Millimeter der Steinoberfläche die Schutzschicht bilden. Gerade deshalb aber dürften Schäden, die an so behandelten Fassaden durch von hinten eindringendes Wasser entstehen, besonders beachtlich ausfallen.

Eine allfällige Versuchsfläche wäre so auszuwählen, dass weder Wasser von oben hinter die behandelten Oberflächen dringen kann noch Wasser, das auf der Versuchsfläche abläuft unterhalb Schaden anrichten kann. Wichtig wäre es die Fläche oben am Turm anzubringen, obwohl dies die Nachkontrolle erschwert, da dort mit deutlich anderen Verwitterungsregimes gerechnet werden muss als in Bodennähe. Die Versuchsfläche sollte zudem auch in Bezug auf Inhomogenitäten in der Fassade (Fugen, Wechsel der Steinsorten, etc.) mit anderen Fassadenbereichen vergleichbar sein.

Falls eine solche Versuchsfläche erstellt wird, sollte ein Messprogramm zur Nachkontrolle zusammengestellt werden. Dies sollte minimal die Messung der Wasser- sowie der Alkoholaufnahme²⁴ an bestimmten Messstellen beinhalten. Beide Messmethoden sind zerstörungsfrei und lassen sich an der genau gleichen Messstellen im Abstand gewisser Zeiträume wiederholen.

Zürich, 3. September 2001

Dr. Christine Bläuer Böhm

²³ Beschreibung des Abbindeprozesses von Öl nach Kittel, H. (1998a). Lehrbuch der Lacke und Beschichtungen. Band 1: Geschichte, Grundlagen, Naturstoffe, anorganische Bindemittel.

²⁴ Geringe Wasseraufnahmegeschwindigkeit kann bedeuten, dass die Poren dicht sind oder wasserabweisende Porenwände haben. Ist auch die Alkoholaufnahme gering so kann angenommen werden, dass die Poren verstopft sind.



Figur 1:
Regennasse Süd-Fassade aus Sichtbeton. Im obersten Stock ist die Fassade deutlich nasser als im darunter liegenden Stockwerk.



Figur 2: Regennasse West-, Südwest- sowie Südfassaden. Auch hier ist zu erkennen, dass die Fassaden in den tiefer gelegenen Stockwerken weniger nass sind als in den oberen. Zudem bewirken bereits gering vorspringende Stellen, dass die darunter befindlichen Fassadenteile im Regenschatten sind.

Bundesplatz 8, 15.2.1990, 15h00
(xb 900215.38.26)



Figur 3:

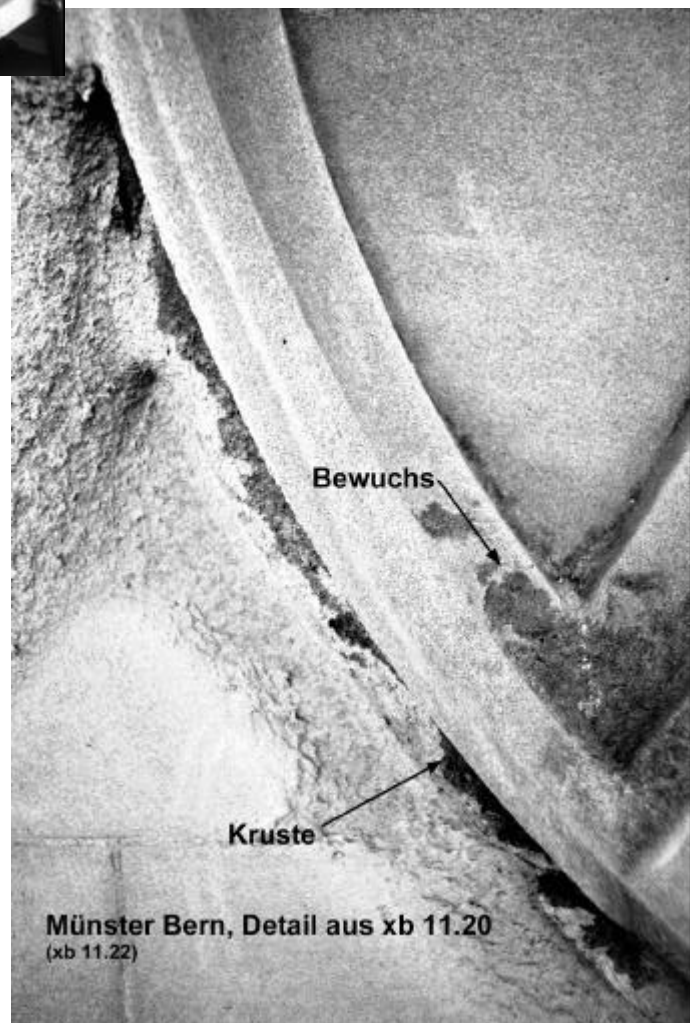
Regennasse Nord-Fassade. Auch hier ist die Fassade im obersten Stock deutlich nasser als im darunter liegenden Stockwerk. Zudem sind die jeweils westlichen (rechten) Kanten, Laibungen oder Vorsprünge nasser als die östlichen (linken). Unterhalb von offenen Fugen oder Rissen in den Gurten sind Wasserläufe zu erkennen.



Figur 4:
Blindmasswerk, Südende der Westfassade,
Übersicht zu Figur 5

Figur 5:

Verwitterung an einem Stab des Blindmasswerks. Die Oberseite ist intakt, beim Zusammentreffen von zwei Stäben ist sie bewachsen. An der Untersicht bildete sich eine schwarze Gipskruste und an der darunter regen geschützten Wand ein mehrere cm breiter Streifen mit starkem Absanden bis Flocken. Hier ist der Stein mehrere Millimeter zurückgewittert. Unterhalb dieses Bereichs sandet der Stein leicht. In der am stärksten zurückgewitterten Zone unter dem Stab dürfte das meiste Wasser, welches auf den Stab gelangt verdunsten.





Figur 6 :
Nördlicher Teil der Turm-Westfassade
unterhalb von Figur 9



Figur 7:
Mittlerer Teil der Turm-Westfassade



Figur 8:
Detail aus Figur 7. Schalenbildung entlang des Masswerks mit relativ intakter Oberseite über einer Lockerzone. Unterseite der Stäbe und Krabben stark aufgelockert und sandend. Im Regenschatten schwarze Gipskruste am unmittelbaren Übergang zum berechneten Bereich starkes und darunter schwaches Absanden.

Münster Bern, 2.7.1985
(xb 11.12)



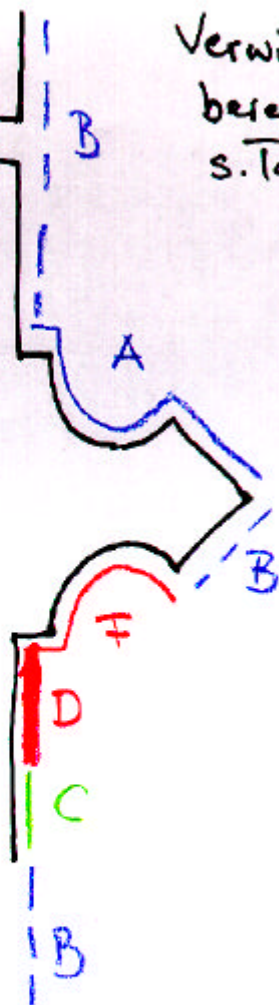
Münster Bern, Turm W-Fassade, 2.7.1985
(xb 11.28)

Figur 9:
Stark absandende Bereiche direkt unterhalb der Galerie, oberhalb Figur 6

Fig. 10a

Fuge

Verwitterungs-
bereiche
s. Tabelle



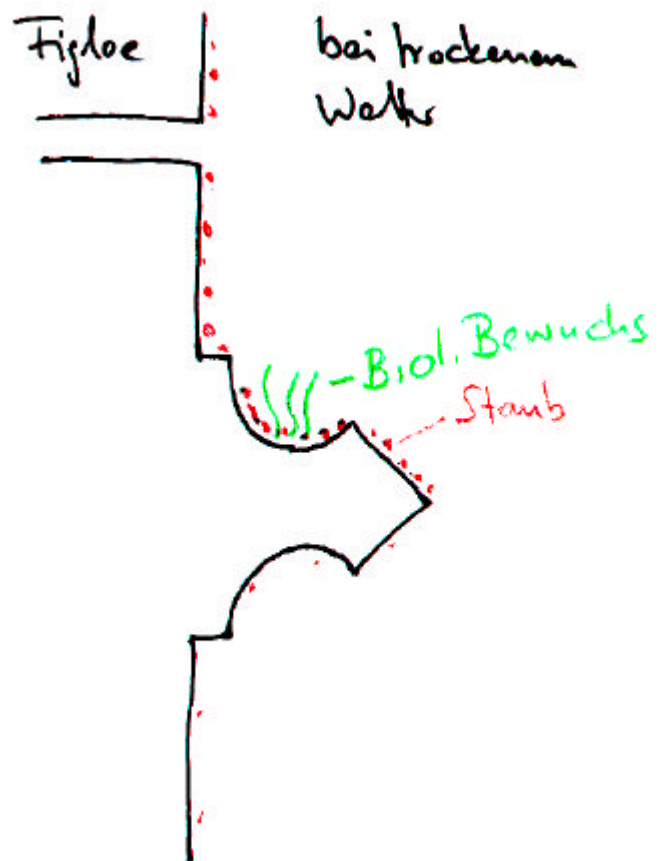
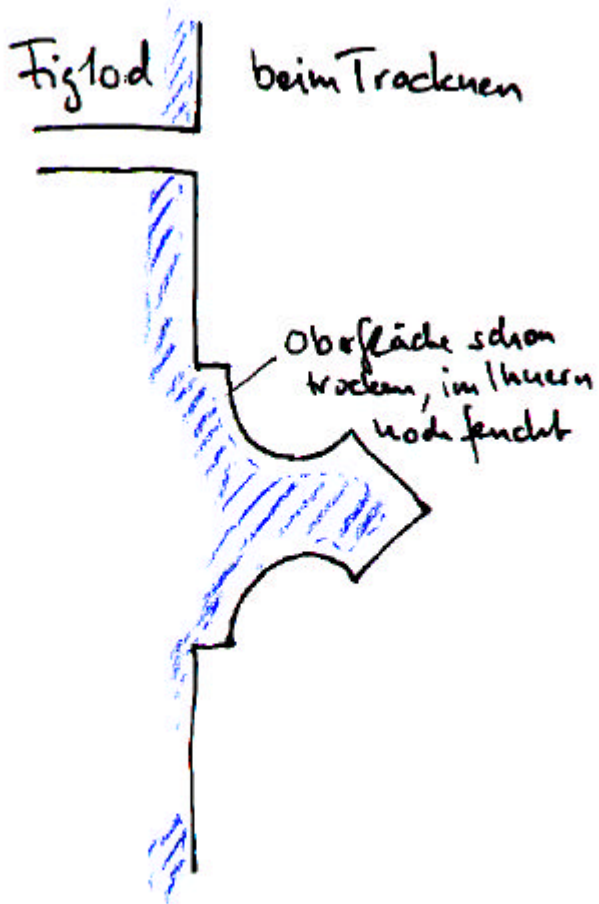
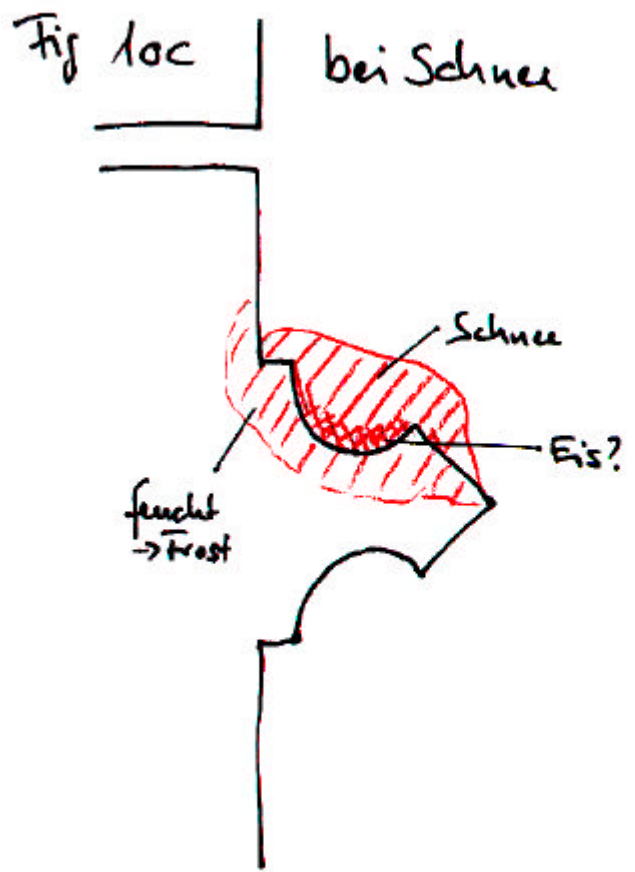
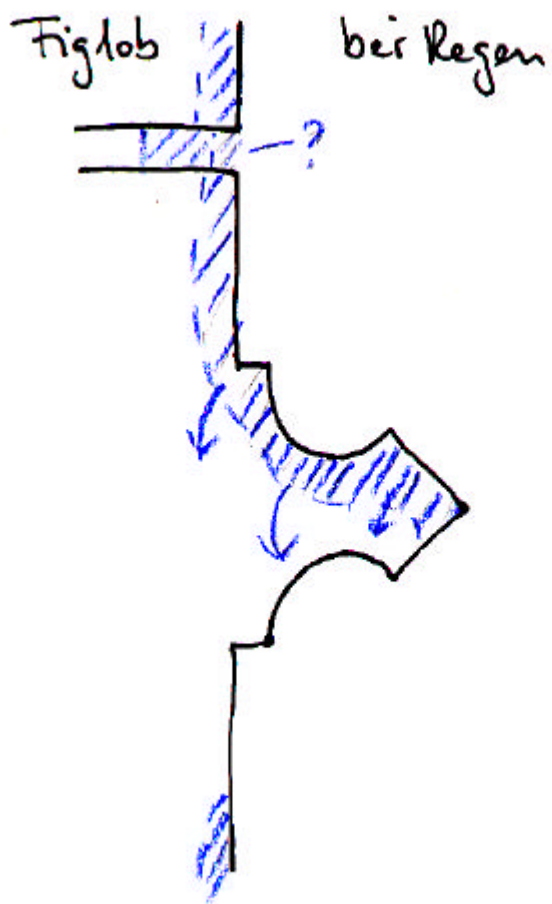


Tabelle nach Zehnder (1982) und Bläuer (1987)

	A stark beregneter Bereich	B schwach beregneter Bereich	C Übergangsbereich beregnet/regengeschützt	D regengeschützt	E Bereich mit oberflächlichem Sickerwasser	F Bereich mit durchsickerndem Wasser	G Grundfeuchtebereich	H Verschiedene Bereiche
Exposition	dem direkten Regen ausgesetzt	dem Sprüh- und Nieselregen ausgesetzt		bleibt bei Normalregen relativ trocken	durch oberflächlich abfließendes Wasser benetzt oder befeuchtet	infolge durchsickernden Wassers langfristig stark durchfeuchtet	Bereiche die durch von unten eindringendes Wasser langfristig stark durchfeuchtet sind	
Stellen am Bauwerk	<ol style="list-style-type: none"> 1) Gurtengesimse, Fensterbänke 2) Dächer, Dachfiguren, Balkone 3) freistehende Gartenmauern 4) Bauteile direkt oberhalb vorspringender Teile 5) Mauerflächen an Wetterfassaden 6) Lisenen an Wetterfassaden 7) Reliefs an Wetterfassaden 	<ol style="list-style-type: none"> 1) aufgehendes Mauerwerk an wetterabgewendeten Fassaden 	<ol style="list-style-type: none"> 1) aufgehendes Mauerwerk an Wetterfassaden im Grenzbereich beregnet / regengeschützt 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Orte, die durch Dachvorsprünge oder andere vorstehende Teile geschützt sind 2) Reliefs an wettergeschützten Fassadenteilen 3) geschützte Fassadengrundflächen (Arkaden) 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Simse unter Blumentöpfen 2) lecke Dachrinnen und Ablaufrohre 3) Bereich unterhalb Leucht- und anderen Reklamen oder ähnliches 4) Sickerwasserstellen an Ecken, Kanten und Fugen von vorspringenden Teilen 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Unterseite vorspringender Sandsteinteile 2) Mauerteile im Bereich von stagnierendem Wasser 3) Nähe von feuchten Materialien 4) Rohrbruch 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Mauerteile welche in direktem Kontakt zur Grundfeuchte stehen 2) Stützmauern 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Aussenmauern von Feuchträumen 2) Tiere und Pflanzen, Mikro- und Makro-Organismen 3) Kontakt mit anderen Materialien 4) Besonders stark verschmutzter Luft ausgesetzte Teile 5) Frost 6) Wind 7) Falsch versetzte Steine 8) Ställe, WC-Anlagen 9) Statik
Verwitterungserscheinungen an Berner Sandsteinen (die Nummern beziehen sich auf die Stellen am Bauwerk, wie oben)	<ol style="list-style-type: none"> 1) Bewuchs, Risse, Bröckeln, Sanden, Aufblättern 2) Bewuchs 3) Bewuchs, Salze 4) Blähen, Schalen, Sanden 5) Sanden, Schalen, Blähen 6) Blähen, Schalen 7) Algen, Flechten, Sanden, Salze, Schalen, Krusten 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Krusten, Sanden 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Sanden, Flocken 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Krusten, Sanden 2) Krusten, Sanden 3) Kursten, Sanden 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Aufblättern, Blähen, Schalen, Bröckeln, Abblättern, Sanden 2) Salze, Sanden, Abblättern, Flocken, Krusten 3) Sanden, Krusten 4) Salze, Sanden, Abblättern, Krusten 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Flocken, Krusten, Sanden 2) Schalen, Sanden 3) Salze, Sanden, Bewuchs 4) Salze, Sanden, Abblättern 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Salze, Sanden, Abblättern, Flocken, Krusten 2) Salze, Sanden, Krusten, Abblättern 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Blähen, Flocken, Sanden 2) Risse, Löcher, Bewuchs 3) Risse, Verfärbungen, Salze, Sanden, Schalen 4) Verfärbungen 5) Schalen, Risse 6) Sanden 7) Aufblättern 8) Salze, Sanden 9) Risse