

Voraussetzungen und Probleme der Gesteinskonservierung

Von Edgar Denninger, Stuttgart

Es gibt wohl nur wenige Gebiete der Konservierung und Restaurierung, die auch heute noch mit so vielen Problemen behaftet sind, wie das Gebiet der Gesteinskonservierung.

Die Gründe hierfür sind verschiedener Natur.

In erster Linie liegt das daran, daß der mineralogische und chemische Aufbau der Gesteine und insbesondere der zu Bauzwecken und zu Skulpturen verwendeten Werksteine sehr verschiedenartig und meistens sehr kompliziert ist.

Von altersher gilt der Stein nicht nur als einer der härtesten, sondern auch als einer der dauerhaftesten Werkstoffe.

Zwar wurde schon früher erkannt, daß bestimmte Gesteine im Laufe von Jahrzehnten und Jahrhunderten durch Verwitterung ihre Oberfläche veränderten und teilweise dadurch auch

an mechanischer Festigkeit einbüßten, aber eigentlich erst nach Einführung der Steinkohlenfeuerung sowohl als Hausbrand als auch als Industrierohstoff wurde ein rascher Verfall vieler Bausteine offenbar. Der Mineraloge und Geologe wußte zwar schon immer, daß gerade so scheinbar unzerstörbare Gesteine wie etwa der Granit einer dauernden Auflösung unterliegen und daß manche aus diesem Auflösungsprozeß hervorgegangene Sedimentgesteine, obwohl sie weicher sind und von größerer Porosität, den Unbilden der Witterung länger standhalten als das Muttergestein, dem sie ihre Entstehung verdanken. Die Voraussetzungen für eine sinngemäße Verwendung der Gesteine muß also die Kenntnis ihrer chemischen und mineralogischen Zusammensetzung und ihr Verhalten gegenüber den Einflüssen der Witterung sein.

UNIVERSITÄT
BIBLIOTHEK
HEIDELBERG

k 57 2. B. Nov. 1968

70 679 C

Die große Mannigfaltigkeit der in der Natur vorkommenden Gesteinsarten bedingt daher, daß eigentlich jeder Werkstein, von dem man aufgrund seiner Verwendung an wertvollen Bau- und Kunstdenkmälern eine jahrhundertelange Dauerhaftigkeit erwartet, chemisch und mineralogisch untersucht werden müßte. Das gleiche gilt, wenn verwitterte Bausteine durch konservierende Behandlung wieder gefestigt werden sollen.

Bevor ich jedoch auf die Probleme der Gesteinsfestigung eingeehe, möchte ich an einigen Beispielen, die besonders charakteristisch sind, zeigen, welche Erscheinungen an der Oberfläche bei der Verwitterung auftreten.

Ich möchte mich dabei auf eigene Beobachtungen, die ich an einem chemisch einfach aufgebauten gesteinsbildenden Mineral, nämlich dem Marmor, und auf Beobachtungen an Granit gemacht habe, beschränken.

Wie ich bereits erwähnte, sind für die Gesteinskenntnis in erster Linie die Ergebnisse der chemischen Elementaranalyse zu berücksichtigen, die dann zusammen mit optischen Untersuchungen, z. B. im polarisierten Licht, auch den mineralogischen Aufbau eines Werksteines bestimmen lassen.

So zeigt z. B. der Marmor, ein chemisch einfacher Werkstoff, der aus wohl ausgebildeten Calcit-Kristallen aufgebaut ist, nach längerer Wetteinwirkung deutlich Kantenabrundungen an den Kristallen. Im ultravioletten Licht konnten an einer Skulptur alle Nachbearbeitungen der Oberfläche durch eine hellere Fluoreszenz von der Originaloberfläche unterschieden werden. Aus der mehr oder weniger starken Abrundung der Kristallkanten kann, insbesondere wenn gleichzeitig Kalkversinterungen mikroskopisch sichtbar sind, auf das Alter einer Skulptur Schlüsse gezogen werden. Auch Auflagerungen von Gesteinstrümmern aus dem umgebenden Erdreich, wie z. B. Olivin- oder Augit-Kristalle, lassen gewisse Schlüsse auf die Lagerung eines Marmorfundstückes zu. Allerdings müssen diese Einzelbefunde sich in die mit anderen Methoden erhaltenen Ergebnisse ohne Widerspruch einfügen lassen, wenn sie etwa für eine Echtheitsbestimmung eines Fundstückes beweiskräftig sein sollen.

Während der Marmor chemisch eine einheitliche Substanz darstellt, bauen sich die meisten Werksteine auf mehreren verschiedenen Mineralien auf, die bereits bei der Gesteinsbildung aus dem flüssigen Magma zusammen auskristallisiert sind, wie z. B. beim Granit, oder die sich als Sedimentgesteine nach einem oft sehr lange dauernden Abbauprozess der Urgesteine gebildet haben.

So zeigen die als Bausteine häufig verwendeten Sandsteine im Dünnschliff unter dem Mikroskop Quarzkristalle von fast gleicher Größe, die durch kleine Silikatbrücken miteinander verknüpft sind.

Im polarisierten Licht lassen sich Quarzkristalle von den silikatreichen Kitt-Teilchen gut voneinander unterscheiden. Auch in metamorphen Gesteinen, wie dem Gneis, oder in Tiefengesteinen, wie dem Granit, können im polarisierten Licht die das Gestein aufbauenden Mineralien gut voneinander unterschieden werden.

Granit und Gneis sind zwar sehr harte Gesteine, sie unterliegen jedoch einer verhältnismäßig schnellen und vollständigen Zerlegung unter dem Einfluß von Wasser. In diesem lösen sich der Feldspat, der als Kali-, Natron- oder Kalk-Feldspat vorkommt, ebenso wie der Glimmer verhältnismäßig leicht auf. Beide sind kompliziert aufgebaute Aluminium-Silikate, die bei ihrer Auflösung in wasserlösliche Alkali- und Erdalkali-Verbindungen sowie in weniger lösliche Aluminium-Silikate und außerdem in den unlöslichen Quarz zerfallen.

Bei mehrfacher Umlagerung der wasserunlöslichen Zersetzungsprodukte reichern sich diese schließlich immer mehr an Quarz an, so daß auf diese Weise die verschiedenen Arten von Sandsteinen entstehen, bei denen als Bindemittel sowohl Kalk als auch Ton oder reine Quarzteile auftreten.

So unterscheidet man drei Typen von Sandsteinen, nämlich kalk-, ton- und quarzgebundene Sandsteine.

Da, wie bereits erwähnt, die Sandsteine in großem Umfang als Werksteine Verwendung finden, soll auf die Erscheinungen bei ihrer Verwitterung und ihrer Wiederfestigung später näher eingegangen werden.

Die Verwitterungserscheinungen sowie die dabei entstehenden Formen des Siliciumdioxides konnten besonders gut an Graniten des Erongogebirges und des Brandberges, erdgeschichtlich verhältnismäßig jungen Graniterhebungen in Südwestafrika, verfolgt werden.

Anlässlich der Untersuchungen von Felsmalereien, die zur Altersbestimmung durchgeführt wurden, konnten die Verwitterungserscheinungen des Granits sowie die Versinterungen, die sich auf den Malereien im Laufe der Zeit gebildet haben, eingehend geprüft werden.

Durch Auflösen des Feldspats, der hier meist in größeren wohl ausgebildeten Kristallen auftritt, springen kleine und größere

Granitschichten schuppenartig ab, während gleichzeitig kupfenförmige Versinterungen von reiner Kieselsäure als Siliciumdioxid-Gele nachgewiesen werden konnten.

Die Kieselsäure-Gele haben zum Teil auch plattenförmige und gratförmige Struktur. Die Ausbildung von verschiedenen Formen wird wesentlich durch den Wassergehalt der Gele bestimmt. Da solche Versinterungen auch über Teilen von Felsmalereien zu finden sind, besteht die Möglichkeit, sie in grober Annäherung dem Alter der Malereien zuzuordnen. Letzteres kann aufgrund der Struktur von eiweißhaltigen Bindemitteln, mit denen die Malereien gebunden sind, in gewissen zeitlichen Grenzen festgelegt werden. In unserem Zusammenhang interessieren diese Versinterungen deshalb, weil hier an der Oberfläche Kieselsäure-Gele entstehen, die bei den modernen Verfahren der Gesteinskonservierung im Innern der Steine erzeugt werden. Da diese Felsmalereien ausschließlich an wettergeschützten Felsüberhängen angebracht sind, die nie dem Einfluß von Regen unterworfen sind, stellte sich die Frage, wie diese starken Verwitterungen, zumal in einem ariden Klima (wir befanden uns am Rande der Namibwüste), zustande gekommen sind.

Hier brachte uns die eigene Erfahrung auf einen Verwitterungsfaktor, der im allgemeinen wenig beachtet wird, nämlich auf die nächtliche Taubildung. Wie intensiv sie in diesen Gegenden sein kann, erlebten wir, als wir unter freiem Himmel schliefen und in der Nacht von einem starken Taubefall heimgesucht wurden. Wir waren in kurzer Zeit durchnäßt, als ob ein Regen niedergegangen wäre. Kurz nach Sonnenaufgang war jedoch alles wieder trocken.

In diesen wenigen Stunden kann das Tauwasser mit voller Lösungskraft auf das Gestein wirken und dabei in die feinsten Ritzen und Poren eindringen. So wird der grobkörnige Granit völlig aufgelöst, und nur die aus den Silikaten entstehenden Kieselsäure-Gele bleiben haften.

Ich erwähne dieses Beispiel, um bei dieser Gelegenheit auf die auch in unserem Klima wirksame Tätigkeit von Tau und Nebel als Verwitterungsfaktor aufmerksam zu machen.

Als letzte Komponente eines verwitterten Gesteins bleibt wohl immer ein Gerüst von Quarz zurück, das durch mehr oder weniger große Anteile an kalkiger oder toniger Bindesubstanz zusammengehalten wird.

Bei der Gesteinsfestigung kommt es also darauf an, die herausgelösten Bindemittelsubstanzen zu ersetzen.

Eine Wiederfestigung der Gesteine, die von Dauer sein soll, muß also grundsätzlich in einer Remineralisierung des ursprünglichen Gesteins bestehen. Bei quarzhaltigen Gesteinen dürfte der optimale Festigungseffekt durch Einführung von Kieselsäureverbindungen als Bindemittel erreicht werden. Hier haben sich in den letzten Jahrzehnten in erster Linie lösliche Silikatverbindungen auf der Basis von Kali-Wasserglas-Lösungen und in neuerer Zeit auch auf der Basis von wasserlöslichen Kieselsäureestern, etwa vom Typus des Steinfestigungsmittels „Hermetique“ der Firma Bauchemie, Partenkirchen, bewährt.

Bei ihrer Anwendung ist in erster Linie auf die Art und die Menge der verbliebenen Bindemittelsubstanz im Gestein Rücksicht zu nehmen und danach die Konzentration und die Anwendung der Festigungslösungen zu bestimmen.

Besonders gute Ergebnisse werden da erzielt, wo kalkhaltige Bindemittel vorliegen, also etwa bei kalkgebundenen Sandsteinen.

Aber auch bei ton- und mergelhaltigen Gesteinen werden mit kieselsäurehaltigen Präparaten gute Festigungswerte erreicht. Von besonderer Wichtigkeit für die Präparierung der Silikatlösungen ist außer ihrer Konzentration die geeignete Zugabe von Stabilisatoren, die verhindern, daß vorzeitig Kiesel-Gele ausfallen, bevor die Lösung den gesunden Gesteinskern erreicht hat.

Diese Gele würden die Poren der remineralisierenden Gesteinsschicht verstopfen und eine weitere Zuführung der zur Festigung notwendigen Silikatlösungen verhindern.

Beim Ausfällen der Kieselsäure aus der Lösung entsteht zwar zunächst kristalloide monomolekulare Kieselsäure, die jedoch nach einiger Zeit unter Bildung von Polysilikaten in kolloidale Kieselsäure übergeht.

Das Tempo der Gelbildung hängt weitgehend von der Wasserstoffionenkonzentration ab. Bei einem Ph-Wert von 3,2 verläuft diese Gelbildung am langsamsten, so daß versucht werden muß, diese Wasserstoffionenkonzentration einzuhalten.

Die angeführten Beispiele zeigen, welche mannigfaltigen Gesteine in der Natur anzutreffen sind und wie verschieden sie sich gegenüber den Einflüssen der Witterung verhalten. Erst eingehende Untersuchungen der örtlichen klimatischen Verhältnisse und der Struktur der als Werkstoff verwendeten Gesteine ermöglichen, die günstigsten Mittel und Verfahren zu ihrer Wiederfestigung anzuwenden, um so das gefährdete Bauwerk vor dem Verfall zu bewahren.