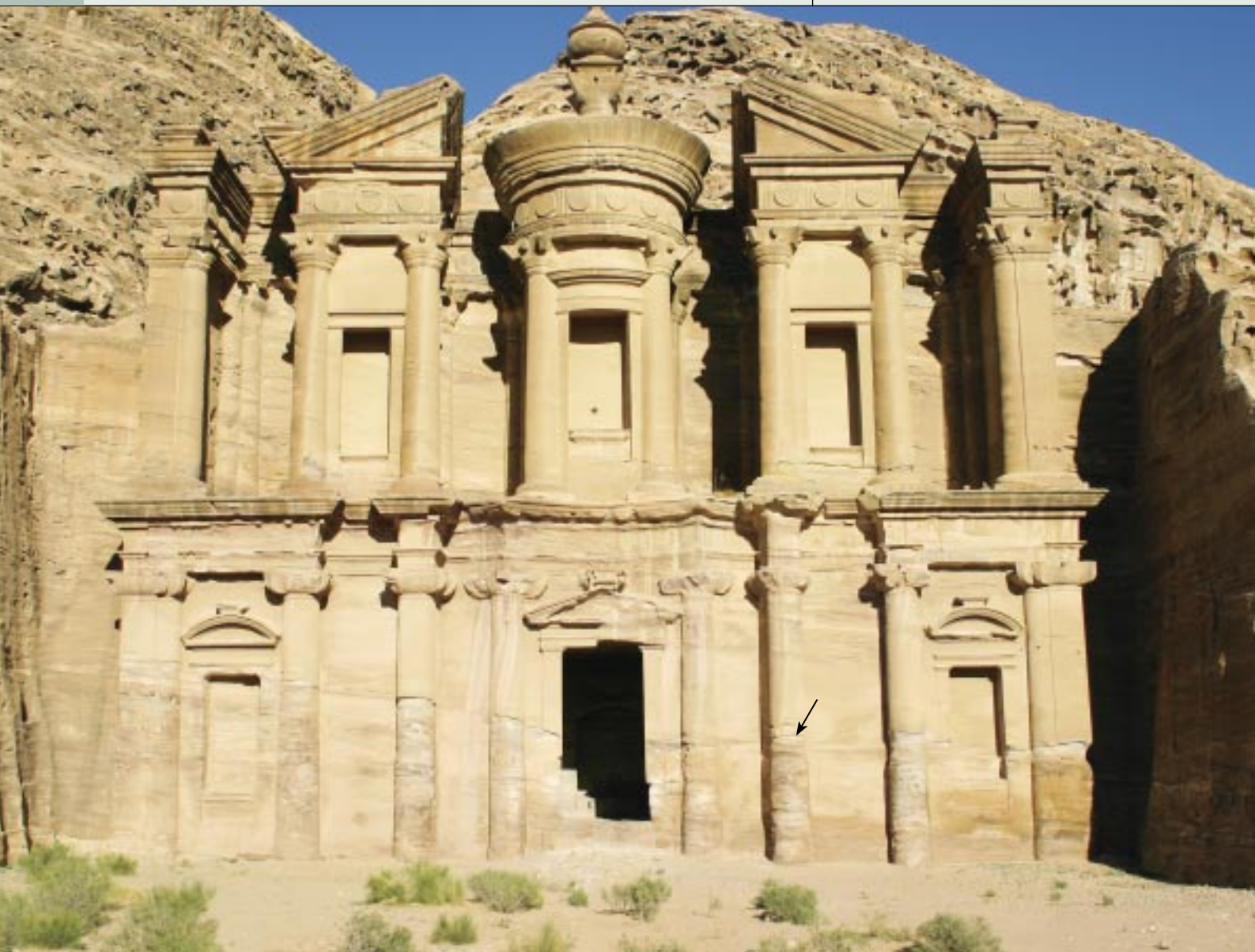




JOACHIM SCHÜRING / ABENTEUER ARCHÄOLOGIE

Zahn der Zeit

Auch die härtesten Gesteine werden über kurz oder lang von Wind und Wetter zerstört. Restauratoren haben viel zu tun und setzen auch auf die Hilfe von Bakterien.

DIE PRÄCHTIGE FASSADE von ed-Deir in der jordanischen Tempelstadt Petra wurde vor über 2000 Jahren aus dem roten Gebirge gehauen. Heute zerstört aufsteigendes Salzwasser den Sandstein (Pfeil).

Von Joachim Schüring

WEIT ÜBER DREITAUSEND JAHRE haben die berühmten »Nadeln der Kleopatra« die trockene Luft am Nil unbeschadet überstanden. Dann, Ende des 19. Jahrhunderts, wurden die beiden Obelisk aus der Zeit von Pharao Thutmosis III. außer Landes geschafft und zieren seit-her das Londoner Themseufer und den New Yorker Central Park. Fotos aus der

Zeit ihrer Aufstellung zeigen, wie unver-kehrt sie bei der Ankunft in der neuen Heimat waren. Doch dem Smog der Großstädte hatte der harte Granit nichts entgegenzusetzen. Heute ist ein großer Teil des Steins mit den eingemeißelten Hiero-glyphen vom sauren Regen zerkrümelt.

Wasser ist der ärgste Feind des Steins – nicht nur, weil es Stickstoff- und Schwefelverbindungen aus den Auspuffen der Autos bindet und so zur Säure wird. Ein-

dringendes Wasser löst zudem den kalki-gen Zement, der Sandsteine im Innersten zusammenhält. Und nach dem Verdun-sten lässt es gelöste Salze zurück, die aus-kristallisieren und mit einem Druck von einigen hundert Kilogramm pro Quadrat-zentimeter auf den umgebenen Stein drängen – das entspricht ungefähr der Kraft, die wir durch kräftiges Zähnezu-sammenbeißen erzeugen können. Einigen tausend Kilogramm pro Quadratzentime-

ter muss ein Gestein sogar widerstehen, wenn das eindringende Wasser im Winter gefriert und sich dabei um fast zehn Prozent seines Volumens ausdehnt. Besonders empfindlich sind deshalb die porösen Sandsteine. Und gerade die waren bei Baumeistern und Künstlern so beliebt, weil sie sich so gut bearbeiten ließen.

Zu den ältesten Methoden, morbide Sandsteine vor dem weiteren Zerfall zu bewahren, gehört: Wasser und Salz raus, Kunststoff rein. Da man aber lange nicht in der Lage war, damit auch das Innere des Steins zu erreichen, brachte das Verfahren häufig mehr Schaden als Nutzen. In Angkor Wat etwa hatten indische Restauratoren die vom Zerfall bedrohten steinernen Tempeltänzerinnen lediglich mit einer Schicht aus Acrylharz überzogen. Dennoch drang durch Risse Feuchtigkeit ein. Der Stein quoll und sprengte die äußere verfestigte Schicht ab (siehe Abenteuer Archäologie 1/2005, S. 12).

Mit Strom und Kompressen gegen das Salz

Heute kommen Kunststoffe meist nur zur Anwendung, wenn gleich der ganze Stein getränkt werden kann – und das funktioniert nur bei Objekten, die sich in die Werkstatt bringen lassen. Hier werden sie zunächst getrocknet – was Tage aber auch Monate dauern kann – und kommen dann in einen mit einem flüssigen Kunststoff gefüllten Vakuumkessel, in dem die Luft aus den Kapillaren gezogen und gegen das Harz ersetzt wird.

Mit Herausforderungen ganz anderer Dimension sehen sich Forscher in der über zweitausend Jahre alten jordanischen Tempelstadt Petra konfrontiert: Deren monumentale Gebäude wurden nicht aus Steinen aufgeschichtet, sondern direkt aus dem Fels im Bergland von Edom gehauen. Petra ist also Teil dieses rosaroten Sandsteingebirges. Schon die Nabatäer sahen, wie sehr das Wasser ihrer Stadt zusetzte, und so schützten sie die Fassaden, indem sie oberhalb davon Drainagen anlegten. Die sind heute längst verwittert und wirkungslos. Seit dem Abzug der Nabatäer im 1. Jahrhundert n. Chr. kann das Wasser ungehindert zerstören; die salzigen Ausschläge an manchen Monumenten zeigen, dass winterliche Regenfälle mitunter meterhoch in die Wände steigen. Auf dem Bild links oben ist dies deutlich zu sehen.

Anders als im Fall gemauerter Bauten macht es die feine geologische Maserung des Gesteins jedoch unmöglich, zerstörte Teile durch neue zu ersetzen. Oft bleibt den Restauratoren nur, einsturzgefährdete Fassaden mit Stahlklammern zu sichern oder Risse mit speziellen Mörteln abdichten. Und die Kontrolle des gefährlichen Salzes, die natürlich am besten gelänge, würde man das von den Nabatäern installierte und überaus wirksame Netz von Entwässerungsleitungen restaurieren.

Doch wäre der Wartungsaufwand viel zu hoch, sodass die Restauratoren sich damit begnügen müssen, den versalzten Partien schwammartige Kompressen aufzulegen. Sie ziehen das salzige Wasser aus dem Innern und lassen es verdunsten. Weiße Krusten zeugen nach Tagen oder Wochen vom Erfolg.

Ausgefiltert, wenngleich wenig verbreitet, ist die Entsalzung mit Strom, mit dessen Hilfe beispielsweise der Verfall der mittelalterlichen Wandmalereien in der Berliner Marienkirche gebremst wurde. Als die Restaurateure ans Werk gingen, bestanden bereits bis zu fünf Prozent des Mauerwerks aus Salzkristallen. Bei der Rettung machten sie sich zu Nutze, dass im Wasser gelöste Salze in ionisierter Form, also als elektrisch geladene Teilchen existieren. Die Wand wurde mit Elektroden gespickt und unter Spannung gesetzt. Die positiven Ionen wanderten nun an die negativen Elektroden (und umgekehrt) und schieden sich dort als salzige Krusten aus.

Vielerorts ist das zerstörerische Werk von Wasser, Salz und Luftverschmutzung aber schon so weit fortgeschritten, dass ein Erhalt des zerfressenen Steins keinen Sinn mehr hat und der Austausch schadhafter Partien nötig ist. Am Kölner Dom etwa werden aus diesem Grund jedes Jahr rund 150 Tonnen Gestein ersetzt – und das in mitunter recht kreativer Art und Weise. Wer nämlich genau weiß, wohin er schauen muss, wird erkennen, dass es die Steinmetze der Kölner Dombauhütte mit der historischen Genauigkeit bisweilen nicht ganz genau nehmen: Anstelle der mittelalterlichen Bildwerke tanzen nun Funkenmariechen oder spielen zwei Jungen Fußball.

Übrigens könnte den Steinrestauratoren in Zukunft ein ganz unerwarteter Helfer zur Seite stehen: *Bacillus cereus*. Das



DEN SPASSVÖGELN DER DOM-BAUHÜTTE in Köln wurde das Kopieren gotischer Ornamente auf Dauer wohl zu langweilig. Hier haben die Steinmetze eine Figur durch zwei Fußballer ersetzt.

Bakterium scheidet Kalk ab und vermag so den verwitterten Verbund zwischen den Körnern spröden Sandsteins wieder herzustellen. Bei diesem Verfahren, der so genannten Biomineralisierung, wird das Objekt mit einer Nährlösung getränkt, in der sich die Kalkbakterien tummeln. Solange sie zu fressen haben, bilden sie Kalziumkarbonatkristalle und bringen den Stein wieder in seinen Originalzustand. Das Ganze dauert meist nicht länger als ein paar Tage.

Mit *Bacillus cereus* lassen sich sogar ganze Skulpturen »nachzüchten«. Dazu fertigen die Restauratoren eine Hohlform des maroden oder schon zerstörten Originals an, füllen Sand hinein und lassen ihn durch den winzigen Organismus zu Stein werden. Nach wenigen Tagen ist die Kopie fertig und von dem echten Vorbild nicht zu unterscheiden. ◀