

SCHMUTZ UND REGEN: EINE »STEINERWEICHENDE« KOMBINATION

Wenn man das Ulmer Münster mit seinem mächtigen Kirchturm, dem höchsten der Welt, anschaut, sieht man es hier und dort von den Außenmauern herabrieseln. »Da nagt der Zahn der Zeit«, sagt man leichthin. Das stimmt – und der »Zahn der Zeit«, also die Gesteinsverwitterung, hat sich sogar seit dem 19. Jahrhundert rasant beschleunigt. Das liegt daran, dass seit dieser Zeit durch die fortschreitende Industrialisierung, den Autoverkehr oder auch Kohlekraftwerke immer mehr Schadstoffe in die Luft gelangen. Diese Schadstoffe, z. B. Ruß- und Staubpartikel lagern sich auf den Bauwerken als feine Schmutzschicht ab, die die Gesteine zusammen mit dem sauren Regen angreifen. Für eine Zersetzung durch letzteren sind besonders kalkhaltige Gesteine anfällig. Saurer Regen entsteht durch Schwefeldioxid, Stickstoffoxide und weitere säurebildende Gase, die in der Atmosphäre mit Wasser zu Schwefel- und Salpetersäure oxidieren. Diese Stoffe regnen dann zusammen mit dem Wasser ab und reagieren mit dem Bindemittel Kalziumkarbonat des Kalksteins. Auf diese Weise entstehen auf der Steinoberfläche Salze bzw. Gips, der Stein darunter zerbröseln.

Auch die Schmutzschicht selbst, die gemeinsam mit dem Gips und Salzen zu einer richtigen Kruste werden kann, führt dazu, dass das Wasser zu einem der stärksten Steinzerstörer wird.

Wasser (H₂O) ist zwar einfach aufgebaut, besitzt aber besondere Eigenschaften. Es ist der einzige Stoff, der in der Natur in drei verschiedenen Aggregatzuständen vorkommt: fest bei kleiner als 0 Grad, flüssig bei 0–100 Grad, gasförmig bei 100 Grad Celsius. Es hat seine größte Dichte bei +4 Grad und zeigt eine sprunghafte Zunahme des Volumens um ca. 9% beim Gefrieren. Genau dadurch wird Wasser, das in die Gesteinsporen eingedrungen ist, zur Gefahr. Wenn die Poren außen durch Schmutz so verstopft sind, dass sich das Eis nicht mehr an die Steinoberfläche ausdehnen kann, entstehen durch den starken Druck feine Risse im Stein. Diese können sich beim Abtauen wiederum mit weiterem Wasser füllen, so dass, wenn dieses Wasser dann wieder gefriert, es schließlich zu Abplatzungen der Gesteinsoberfläche und einem Verlust der Druckfestigkeit des gesamten Steins kommt. Außerdem kann das Wasser aus dem Gestein nicht mehr normal verdunsten, weshalb es immer tiefer in den Stein eindringt.



Das Ulmer Münster
Fotos: Deutsche Bundesstiftung
Umwelt, Osnabrück und Bildarchiv
der Stadt Ulm (oben)



oben: Stark verwitterte Figur aus Sandstein an
der Dreikönigskirche in Dresden
unten: Steinkonservierung
am Domkreuzgang in Halberstadt

Die starke Volumenzunahme um bis zu 60% von Gips und Salzen bei ihrer Kristallisation führt überdies zu ganz ähnlichen Gesteinsschäden.

Auch der südliche Chorturm des Ulmer Münsters ist von den beschriebenen Schäden stark betroffen. Beim Kirchenbau wurden während der langen Bauzeit von 1377 bis 1890 sowohl Sand- als auch Kalkstein verwendet.

AUFGABEN

1. Ihr wollt das Ulmer Münster oder ein Bauwerk mit ähnlichen Schäden retten. Um die fortschreitende Zerstörung von Bauwerken und Steinskulpturen durch schadstoffbeschleunigte Gesteinsverwitterung aufzuhalten, müssen die Fachleute die Prozesse, die zum Steinverfall führen, genau kennen. Deshalb: Informiert euch zunächst über die Verwitterung von Sand- und Kalkstein – welche Formen gibt es und wie sieht das Schadensbild aus? Nutzt Nachschlagewerke und das Internet, befragt Fachleute wie Geologen, Physiker oder Chemiker. Tragt eure Ergebnisse zusammen.

2. Recherchiert, welche Methoden heute angewendet werden, um angegriffene Baudenkmale vor dem Steinzerfall zu schützen. Ihr könnt euch über das Internet informieren und Fachleute wie Denkmalpfleger, Restauratoren oder Steinmetze befragen.

3. In Ulm gibt es außerdem eine »Münsterbauhütte«. Hier arbeiten Fachkräfte, die sich Tag für Tag um den Erhalt des Münsters kümmern. Erkundigt euch bei den Verantwortlichen einer großen alten Kirche oder eines anderen bedeutenden Bauwerks in eurer Nähe, vielleicht gibt es dort etwas Ähnliches. Erstellt einen Konservierungsplan für ein Gebäude aus Kalkstein oder Sandstein, in dem ihr auflistet, mit welchen Mitteln ihr versuchen würdet, den Verfallsprozess aufzuhalten.



Ku	G	D	Sk/Gk	Rel	AI	Ek	B	Ch	Ph	Fü
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11

SCHMUTZ UND REGEN: EINE »STEINERWEICHENDE« KOMBINATION

SACHINFORMATIONEN

Alle Gesteine bestehen aus einem komplexen System verschiedener Mineralkomponenten (Quarz, Feldspat, Kalkspat, Tone) und Hohlräumen, so genannten Poren, deren unterschiedliche Größe und Vernetzung ihr Verhalten mindestens ebenso beeinflussen, wie die chemische Beständigkeit der Minerale. Die mit Abstand häufigsten Denkmalgesteine sind Sand- und Kalksteine.

Wasser und die in ihm gelösten Umweltschadstoffe greifen die Denkmalsubstanz an. Dabei spielen die im Jahres- und Tagesverlauf wechselnden Feuchtigkeitsbedingungen eine große Rolle. Diese können regional stark variieren. In Ulm herrscht beispielsweise ein von der Donau geprägtes feucht-nebliges Klima.

Die Schmutzschichten verändern die Atmungsfähigkeit und zersetzen das Gestein chemisch. Wasser, das flüssig und als Dampf von allen Seiten eindringen kann, friert, taut, kondensiert, bewegt das Steingefüge und weicht es schließlich auf. In Wasser lösliche Schadstoffe wie Schwefeldioxid (SO₂), natürliches Nitrat (NO_x) oder Chlorid (Cl⁻), die mit den wandernden Feuchteströmen transportiert und angereichert werden, greifen den Stein chemisch an und verändern das Feuchteverhalten des Steins.

Erst die genaue Kenntnis der Schadensprozesse, der umgebenden Bedingungen und Klimaverhältnisse führen zu wirksamem Schutz. Oft zeigt sich, dass bereits einfachste Maßnahmen zur wirkungsvollen Pflege eines Denkmals führen: Der Schutz vor Wasser.

(Quelle: Faltblatt 4, Deutsches Nationalkomitee für Denkmalschutz, Text leicht geändert.)

Zur Bekämpfung von Steinschäden durch Wasser setzt man deshalb Hydrophobierungsmittel ein. Sie machen die Oberfläche von Baustoffen wasserabweisend, so dass kein Wasser mehr eindringen kann. Wichtig ist, dass die Konservierungsmittel von Fall zu Fall qualifiziert ausgewählt und vorsichtig abgestimmt werden auf andere notwendige Erhaltungsmaßnahmen. Denn: durch zu aggressive Reinigung und falsche Konservierungsmaßnahmen können die Schäden sogar noch verschlimmert werden, etwa, wenn der Stein seine Atmungsfähigkeit verliert und Wasser nicht mehr aus dem Innenraum nach außen diffundieren kann. Bei feinen Steinmetzarbeiten ist die einfachste und substanzschonendste Hilfe oft eine Überdachung bzw. eine Aufstellung in einem witterungsgeschützten Raum.

FRAGEN + ZIELE

Anhand der am Praxisbeispiel Gesteinsverwitterung durchgeführten Analyse und Recherche vertiefen die Schülerinnen und Schüler ihr Wissen über die chemische Zusammensetzung und die physikalischen Eigenschaften von Wasser und den in ihm gelösten Schadstoffen (vgl. Arbeitsblätter B13 und B14). Gesteinsverwitterung in ihren verschiedenen Formen ist an sich ein natürlicher Prozess, der durch chemische Substanzen der Umweltverschmutzung stark beschleunigt wird. Das Schülerarbeitsblatt soll die Jugendlichen für die Einflüsse von Klima und Schadstoffen auf die Bauwerke in ihrer unmittelbaren Umgebung sensibilisieren.

LERNFORMEN

Die Jugendlichen werden angeregt, ihre naturwissenschaftlichen Kenntnisse praxisorientiert und fächerverbindend anzuwenden und auszubauen. Durch eine weitgehend selbstständige Recherche zu einem konkreten Projekt wird sowohl die Handlungskompetenz der Schülerinnen und Schüler gestärkt, die sowohl einzeln als auch in Gruppen arbeiten können, als auch Methoden der Recherche und des zielorientierten Handelns geübt. Darüber hinaus werden den Jugendlichen die dramatischen Umweltveränderungen durch Schadstoffemissionen anschaulich demonstriert.

MEHR INFOS

- Faltblattreihe F 4, Deutsches Nationalkomitee für Denkmalschutz: www.nationalkomitee.de/veroeffentlichungen/index.htm
- Wirkung des sauren Regens: <http://sneaker.cfg-hockenheim.de/referate/inhalt/regen/recherchen.html#was>
- Internetseiten der Ulmer Münsterbauhütte: www.muensterbauhuetten-ulm.de/bauhuetten/index.php
- Weitere Infos zur Steinkonservierung auf Arbeitsblatt B14