

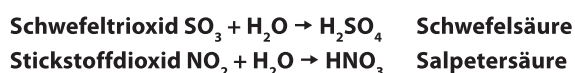


WARUM ZERFALLEN DIE STEINE DER ALTEN KIRCHE?

In der Nähe der romanischen St. Georgskirche in Dortmund-Aplerbeck gab es viele Jahre lang umweltbelastende Schwerindustrie, die für das Ruhrgebiet im 20. Jahrhundert prägend war. Das rund 900 Jahre alte Kirchengebäude ist stark erosionsgefährdet. Es wurde aus verschiedenen Gesteinsarten erbaut, die sich der physikalisch-chemischen Verwitterung unterschiedlich widersetzen. An manchen Stellen sind die Mauern bewachsen.

Schülerinnen und Schüler eines Gymnasiums in Dortmund-Aplerbeck haben sich vorgenommen, Ansätze zu einer Restaurierung des Bauwerks zu erarbeiten. Expertenteams aus verschiedenen Fächern sind seit einiger Zeit bröselndem Sandstein, Flechten und Kleinstgetier auf der Spur und untersuchen auch den Baustil und die Heiligenlegenden, die mit der Kirche verbunden sind. Ausgerüstet mit Lupen, Mikroskopen, Reagenzgläsern, Messinstrumenten sowie Dokumenten zur Geschichte der Kirche erforschen sie Schadensursachen und erarbeiten Vorschläge zum dauerhaften Erhalt des Bauwerks. Das interdisziplinäre Forscherteam kann zum Beispiel erklären, warum die Steine zerfallen:

Bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe entstehen Schwefeldioxid und Stickoxide. Sie reagieren mit dem Luftsauerstoff. Diese Gase lösen sich in Regenwasser und reagieren zu aggressiven Säuren.



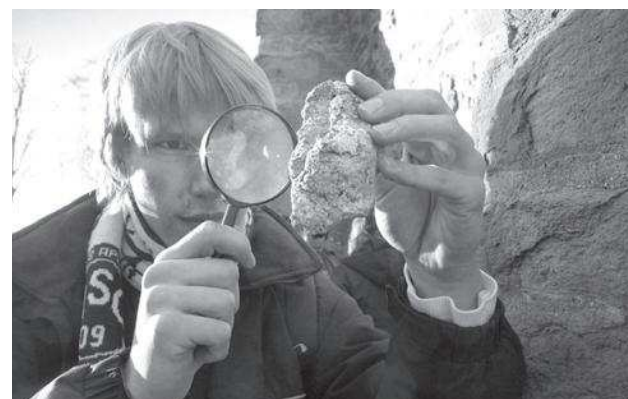
Die aggressiven Säuren durchdringen als »saurer Regen« das Gestein der St. Georgskirche. Dabei werden die ursprünglich in den Steinen vorhandenen Mineralien (Carbonate) zu Hydrogencarbonat gelöst. Dieses im Wasser gelöste Hydrogencarbonat wandert an die Oberflächenzone des Steins. Dort wird das gelöste Salz wieder zu Carbonat. Dieser Umlagerungsprozess des Steinbindemittels (Carbonat) führt im Inneren des Steins zu einer Bindemittelverarmung und somit zu einer erhöhten Porosität und Krustenbildung an der Oberfläche des Steins. Der auftreffende saure Regen reagiert mit den Carbonaten zu Gips (Calciumsulfat), Bittersalz (Magnesiumsulfat) und Kalksalpeter (Calciumnitrat). Weil diese Stoffe deutlich mehr Kristallwasser enthalten als die ursprünglichen Carbonate, kommt es zu einer Volumenvergrößerung der Oberflächenzone der Steine. Diese Volumenvergrößerung führt zu einem schrittweisen Zerplatzen des Gesteins.



AUFGABEN

- Die Konzentration der Luftschadstoffe wird durch Messstationen des Landesumweltamtes (www.lua.nrw.de) kontinuierlich gemessen. Eine Station befindet sich nahe der St. Georgskirche. Vergleicht die Tagesgänge des SO_2 und des NO_2 sowie ältere Messergebnisse aus dem Internet mit den entsprechenden Messwerten an eurem Standort.
 - Sucht euch in eurer Nähe eine alte Kirche oder ein anderes historisches Bauwerk aus Naturstein. Sammelt in je einem Testbehälter Regenwasser und Ablaufwasser von der Steinmauer eures Forschungsobjektes. Messt in beiden Proben den pH-Wert, die Leitfähigkeit und die Nitratkonzentration und vergleicht.
 - Bestimmt die Dichte von Gesteinsarten eures Forschungsobjektes. Vergleicht z.B. die Struktur, die Körnigkeit und Festigkeit von verschiedenen (auch künstlichen) Gesteinsarten. Lasst euch von Experten der Gesteinskonservierung (bei der örtlichen Denkmalbehörde anfragen) beraten und testet unterschiedliche erosionshemmende Eigenschaften von Chemikalien. Vergleicht diese Produkte unter Berücksichtigung der Aspekte Sicherheit, Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit. Besucht in eurer Umgebung historische Gebäude, bei denen schon Maßnahmen zur Verlangsamung des Zerfalls angewandt wurden und beurteilt deren Wirksamkeit.
- $$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$$
- $$\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2(\text{aq})$$
- $$\text{MgCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2(\text{aq})$$
- $$\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$$
- $$\text{MgCO}_3 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$$
- $$\text{CaCO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$$
- Versucht, diese chemischen Formeln den einzelnen Verwitterungsprozessen zuzuordnen. Was ist »Bindemittel«, Hydrogencarbonat, Kristallwasser, Sulfat, »saurer Regen« (Tipp: es gibt davon mindestens zwei Sorten)? Fragt bei Chemielehrern und Chemieoberstufenkursen nach weiteren Erläuterungen.

Foto: Karsten Fähnrich



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

WARUM ZERFALLEN DIE STEINE DER ALTEN KIRCHE?

SACHINFORMATIONEN

Mögliche Unterrichtsplanung zur St. Georgskirche in den naturwissenschaftlichen Fächern:

Fach Physik (Klasse 8–12):

- Entwicklung und Bau einer Wetterstation für das Monitoring von einflussnehmenden Faktoren auf die Erosion des Denkmals
- Messdatenerfassung von Regenwassermengen, Lichtintensität, Windstärke und Außentemperatur
- Entwicklung einer Teststation im Labor oder auf dem Schuldach zur vergleichenden Messung von Erosionsparametern bei Gesteinen
- Vergleichende Messdatenerfassung von Gesteinsarten der St. Georgskirche
- Kontaktaufnahme und externe Information durch Ämter der Stadt Dortmund und das Institut Dr. Hellbrügge (Ascheberg) zu den historisch eingesetzten Gesteinsarten

Fach Chemie (Klassen 9 und 10, evtl. Klasse 7, evtl. Kurs 12):

- Volumen- und Dichtemessungen und Bestimmung der Stoffarteigenschaften der Gesteinsarten
- Messungen des pH-Wertes im Regenwasser
- Messungen im Abtrauf vom Gestein der Georgskirche
- Vergleichende Messung der Erosionsgeschwindigkeit der Gesteinsarten bei unterschiedlichen Säurekonzentrationen
- Messungen zur Konzentration von im Regenwasser gelöstem Schwefeldioxid und dessen Einfluss auf die Versauerung
- Vergleich mit internetverfügbaren Messungen zu Schadstoffen in der Luft
- Aufbringen von gesteinskonservierenden Chemikalien auf die Proben (s.o. in Zusammenhang mit den Expositionsexperimenten der Klassen Physik)
- Austesten von unterschiedlichen erosionshemmenden Eigenschaften von Chemikalien und Beurteilung nach Aspekten der Sicherheit, Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit (Koperation Klassen Physik)

Fach Biologie (Klasse 8 und Kurs 12):

- Bestandsaufnahme der Pflanzen und Tierwelt inkl. Mikrowelt auf der Kirche und im unmittelbaren Umfeld
- Ableiten der Bedeutung von Lebensraum und Lebensweise der gefundenen Tierarten für die Erosion oder die Erhaltung der St. Georgskirche
- Aufstellen der ökologischen Wechselbeziehungen der vorgefundenen Lebewesen mit Rückbezug auf das Substrat »Stein«

- Methodenschulung zur Bestimmung von Flechten als Bioindikatoren für die Luftgüte im Bereich der St. Georgskirche und des Gymnasiums
- Anwenden einer exemplarischen Flechtenkartierung im Schulumfeld und im Umfeld der St.-Georgskirche
- Kontaktaufnahme und Vergleich der Ergebnisse der schulischen Flechtenkartierung mit den Ergebnissen des Umweltamtes der Stadt Dortmund
- Internetrecherchen zu den Besonderheiten der pflanzlichen und tierischen Bestände in Mikrolebensräumen in Hinblick auf die Erosion von Steinarten

Alle Klassen und Kurse:

- Informationsaustausch über den Stand der Untersuchungen der Fachgruppen
- Zusammenschau der Ergebnisse in Modulen und in einem vorläufigen Gesamtbild
- Transparenz des wissenschaftspropädeutischen Vorgehens in den unterschiedlichen Fachbereichen und Abstimmung des jeweiligen Prozessstandes
- Festlegen von Meilensteinen im Verlauf der Einzeluntersuchungen der Fächer
- Gemeinsame Entwicklung von Maßnahmen für den Erhalt der Georgskirche
- Erstellen einer vorläufigen Prognose auf der Basis der konkreten Ergebnisse
- Öffentlichkeitsarbeit: Presse, Ausstellungen, Internet

FRAGEN + ZIELE

Aus den verschiedenen Arbeitsansätzen wird ein historisch und naturwissenschaftlich begründetes Schutz- und Erhaltungskonzept vorgeschlagen. Die Projektarbeit sieht eigenständige Untersuchungen und Recherchen von Expertenteams der Mittel- und Oberstufe vor. Die Ergebnisse werden zu einem Restaurierungsvorschlag verarbeitet. Der besondere Reiz besteht in der Zusammenführung und Auswertung von Ergebnissen verschiedenster Fächer und in der Zusammenarbeit mit externen Fachleuten (wissenschaftspropädeutischer Ansatz).

MEHR INFOS

- Informationen zum Schulprojekt des Gymnasiums an der Schweizer Allee: www.denkmal-aktiv.de (Rubrik Schulen)
- Kalksteinkonservierung am Beispiel des Halberstädter Doms: www.dbu.de (Suche: Halberstädter Dom)
- Steinzerfall am Beispiel des Freiburger Münsters: www.zum.de/Faecher/G/BW/Landeskunde/rhein/freiburg/muensterbauhuetten/index.htm
- Infos und Links auf den Seiten des Instituts für Steinkonservierung e.V., Mainz: www.institut-fuer-steinkonservierung.de
- Fachliteratur: Siegesmund, Siegfried et al. (Hrsg.): Stein. Zerfall und Konservierung. Leipzig 2005.