

Ergänzung zu Posten 5

Vom Münster, Pilzen und Klee

Der Berner Sandstein ist nicht nur ein Baumaterial, er ist ein Teil der Berner Kultur. Er ist den Bernern Freude und Sorge zugleich.

Hier erfahren Sie, wie das Münster erbaut wurde, woher der Sandstein stammte, wie er abgebaut wurde, dass der Kunstmaler Paul Klee ihn sehr gerne mochte und wieso er seit Jahrhunderten Probleme bereitet.

Bau des Münsters

Das Berner Münster ist bald 600 Jahre alt. 1421 wurde unter dem Ulmer Werkmeister¹ Mathäus Ensinger mit dem Bau begonnen. Während der ersten 30 Jahre wurden die Mauern des Münsters um eine alte Kirche herum gebaut, in welcher während der ganzen Bauzeit Messen stattfanden. Diese alte Kirche, «Leutkirche» genannt, konnte erst abgerissen werden, nachdem das neue Kirchenschiff des Münsters etwa zur Hälfte fertiggestellt und mit einem provisorischen Dach überdeckt war, sodass von nun an die Messen dort stattfinden konnten (Abb. 1). Bern war damals noch katholisch.

1588 fand der Bau nach 167 Jahren seinen vorläufige Abschluss. Während dieser Zeit waren 10 Werkmeister für den Bau verantwortlich. Es konnte nicht immer gleich intensiv am Münster gebaut werden, da Bern in dieser Zeit auch in Kriege und Eroberungen verwickelt war und zeitweise das Geld knapp war. Durch das hohe Gewicht des Bauwerks senkte sich der Baugrund ab, was ebenfalls zu Bauunterbrüchen führte. Auch durch die Reformation ab 1528 wurde der Bau verzögert. Danach war das Münster eine reformierte Kirche.

Der Turm war 1588 nur 61 m hoch und wurde von einem achteckigen, stumpfen Dach abgeschlossen. Nach dem Tod des letzten Werkmeisters Daniel Heintz wurde die bereits geplante Vollendung des Turmes immer wieder aufgeschoben.

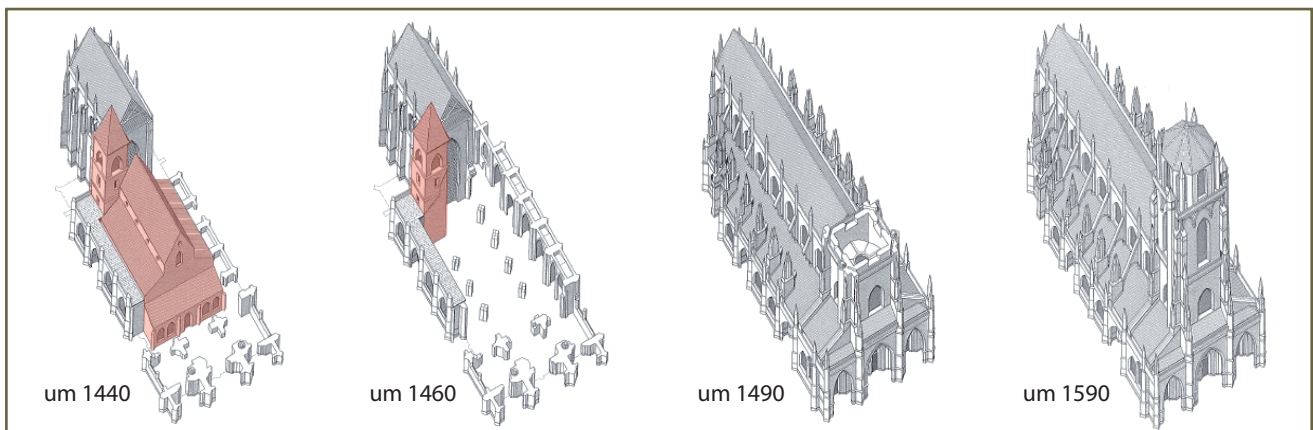


Abb. 1: Der Bau des Münsters dargestellt von Hermann Häberli (Münsterarchitekt, 2008). Die alte, abgebrochene «Leutkirche» ist rot eingezeichnet.

Der unvollendete Turm mit dem stumpfen Hut wurde schon bald als «Nebelkappe» verspottet. Offenbar waren die Berner der Ansicht, der Hut sehe aus wie der gleichnamige Pilz (Abb. 2). Einen solch stumpfen Turm empfand man als unwürdig, immerhin war die Stadt Bern seit 1536 die grösste Stadtrepublik nördlich der Alpen. Verschiedene Pläne zur Vollendung wurden jedoch in den folgenden Jahrhunderten immer wieder verworfen. Erst im Jahr 1889, also 300 Jahre später, wurde mit der Aufstockung des Turmes nach den Plänen von August Beyer bis auf die heutigen 100.6 m Höhe begonnen. Die Bauarbeiten wurden mit rekordverdächtigter Geschwindigkeit in nur 4 Jahren abgeschlossen, sodass das Münster seit 1893 so aussieht wie heute. Schon bald musste jedoch mit Sanierungsarbeiten begonnen werden. Von 1950 bis 2014 war der Turm ununterbrochen auf der einen oder anderen Seite mit einem Baugerüst eingekleidet.

¹ Ein Werkmeister wäre heute Architekt und Bauführer in einem.



Abb. 2: Das Berner Münster mit seiner «Nebelkappe», Fotografie um ca. 1860.

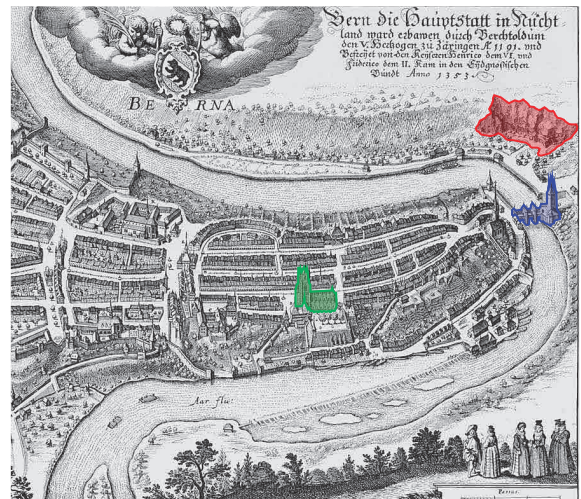


Abb. 3: Ausschnitt aus der Stadtansicht von Matthäus Merian von 1638. Rot: Steinbruch Sandfluh; blau: Untertorbrücke; grün: Münster

Beschaffung des Sandsteins

Die bald 600-jährige Bau- und Sanierungsgeschichte des Münsters widerspiegelt auch die Geschichte der Gewinnung des Berner Sandsteins. Bei Baubeginn verwendete man für die Fundamente des Münsters einen Sandstein, der ganz in der Nähe der Altstadt an der Sandfluh (=sandige Felswand) abgebaut wurde (Abb. 3). Dieser Steinbruch wurde im 18. Jh. aufgefüllt und liegt heute unter dem Aargauerstalden begraben. Für die Mauern mit ihren feinen Verzierungen und Figuren wurde hauptsächlich der qualitativ bessere, weil widerstandsfähigere Sandstein aus den Steinbrüchen am Gurten verwendet. Ab 1486 wurden für den Bau des Turmes derart grosse Mengen benötigt, dass nun auch die Steinbrüche in Ostermundigen Steine liefern mussten. Dort fand man eine Sandsteinschicht besonders guter Qualität, die ausschliesslich für das Münster reserviert war und deshalb «Kilchenbank» genannt wurde.

Doch nicht nur das Münster wurde in jener Zeit aus Sandstein gebaut. Nach der grossen Feuersbrunst von 1405, bei der ca. 600 Häuser in der Stadt Bern zerstört wurden, durften auf Geheiss der Obrigkeit als Wohnhäuser nur noch Steinhäuser gebaut werden, welche die zuvor üblichen Holzhäuser ersetzten. Dafür wurde ausschliesslich Sandstein verwendet. Bis ins 19. Jahrhundert, als auch die Parlamentsgebäude gebaut wurden (Posten 1 und 2), blieb der Berner Sandstein als Baustein sehr beliebt, auch über die Grenzen Berns hinaus. Selbst im weit entfernten Zürich (Hauptgebäude der Eidgenössischen Technischen Hochschule), in Winterthur (Stadthaus) und in Basel (Schulhaus Rittergasse) wurde das Gestein verwendet.

Die Reserven an qualitativ gutem Sandstein in genügender Menge waren deshalb erschöpft, als man ab 1889 den Turm des Münsters vollenden wollte. Als Ersatz wurde der Obernkirchner Sandstein aus Norddeutschland gewählt, der sich beim Bau der Türme des Kölner Doms bereits bestens bewährt hatte. Mit dem Ausbau des europäischen Eisenbahnnetzes im 19. Jahrhundert wurden Transporte schwerer Güter auch über weite Distanzen problemlos möglich, so dass der Transport der Steine aus Obernkirchen nach Bern über 800 km finanziell tragbar war. Farblich passt das leicht gelbliche Gestein jedoch nicht besonders gut zum Berner Sandstein. Der obere Teil des Turmes hebt sich besonders bei Regen stark vom Rest des Münsters ab. Das Gestein ist jedoch beständiger gegen Verwitterung als der Berner Sandstein.

Abbau des Sandsteins

Der Berner Sandstein ist ein weiches Gestein, er kann deshalb mit Handwerkzeugen gewonnen werden. In den grossen Sandsteinbrüchen in der Umgebung von Bern wurden jeweils bis zu 20 Meter hohe, säulenförmige Bereiche in Etagen von oben nach unten abgetragen (Abb. 4). Dabei wurde jede Etage durch schmale Schlitzte in mehrere Kubikmeter grosse, rechtwinklige Blöcke unterteilt. Diese Arbeit hiess «schroten» und wurde von Hand mit doppelseitigen Hacken, sogenannten Zweispitzen erledigt. Danach wurden die Blöcke mit Keilen und Hammer von ihrer Unterlage abgetrennt und über die Steinbruchwand auf einen Sandhaufen hinunter geworfen. Dieser dämpfte ihren Fall, damit sie nicht kaputt gingen. Mit Pferde-

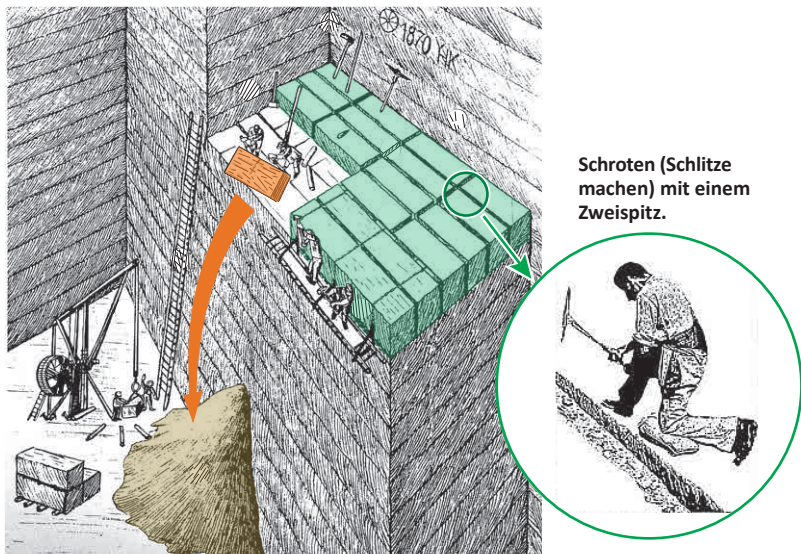


Abb. 4: Historischer Abbau von Sandstein «von oben nach unten». Grün: fertig geschroten (geschlitzte) Blöcke; orange: von der Unterlage losgelöster Block wird hinunter geworfen; braun: Sandhaufen, der den Sturz abdämpft.



Abb. 5: Pferdetransport (oben) und Steinlager (unten) beim Bahnhof Ostermündigen, Anfangs 20. Jahrhundert

fuhrwerken und später mit der Eisenbahn wurden die Steinblöcke danach auf die Baustellen transportiert (Abb. 5). Das Schroten der Schlitze wird heute von mechanischen Schrämsägen mit gehärteten Stahlketten erledigt (Abb. 6).

Bei vielen Steinblöcken fallen runde Flecken auf, die mit Zement gefüllt sind (Abb. 7). Dabei handelt es sich um Löcher, die in die Blöcke gehauen wurden, damit sie beim Bau des Münsters mit einer sog. Steinzange, die am Seil eines Krans befestigt war, auf die Mauern gehoben werden konnten.



Abb. 6: Moderne Schrämsäge

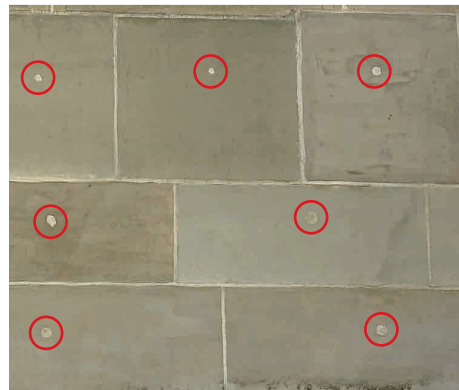


Abb. 7: Löcher in den Steinblöcken, in welche die Steinzange hineingreifen konnte. Diese werden deshalb Zangenlöcher genannt.



Abb. 8: Paul Klee, 1924

1. Können Sie die Funktionsweise der Steinzange erklären?

Der Kunstmaler Paul Klee

Paul Klee lebte von 1879 bis 1940. Er besuchte in Bern die Schule und machte auch in Bern die Matura. Danach studierte er in München Kunst. Ab 1920 arbeitete er an der Kunstschule «Bauhaus» in Weimar. Nach einer kurzen Zeit als Professor an der Kunstakademie Düsseldorf entschloss er sich 1933 zur Rückkehr nach Bern, da er von den deutschen Nationalsozialisten unter Adolf Hitler als Jude beschimpft wurde (was er nicht war). Seine Kunst galt in Deutschland durch ihren hohen Grad der Abstraktion als «entartet», wodurch Klee nicht mehr gefahrlos arbeiten konnte. Er verlor deshalb auch seine Stelle als Professor.

Paul Klee wurde zu einem der bedeutendsten modernen Künstler des 20. Jahrhunderts. Seine Verbundenheit mit Bern zeigt sich unter anderem in seinen Besuchen in den Steinbrüchen von Ostermundigen, wo er zahlreiche Skizzen anfertigte. Vom dortigen Spiel des Lichts auf den Steinbruchwänden liess er sich auch zu seinem Bild «Steinbruch» von 1915 inspirieren (Abb. 9, 10).

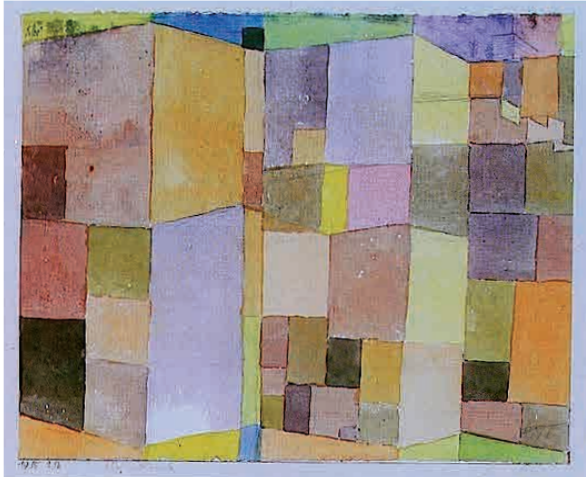


Abb. 9: «Steinbruch» von Paul Klee, 1915



Abb. 10: Sandsteinwände im Steinbruch Ostermundigen

Sandstein - Fluch und Segen zugleich

«Wenn der Dom fertig wird, geht die Welt unter.» So sagt der Volksmund in Köln über den dortigen Dom, an welchem 632 Jahre lang gebaut wurde, von 1248 bis 1880. Dasselbe gilt auch für Bern. Auch das Münster wird nie wirklich fertig gestellt sein und eine Baustelle für die Ewigkeit bleiben. Nach der Vollendung des Turmes in Jahr 1893 verging kaum ein Tag, an dem nicht am Münster gearbeitet wurde. Ist die eine Seite fertig repariert, beginnen die Arbeiten anderswo von Neuem. Eine besonders intensive Reparaturphase dauerte von 1950 bis 2014.

Der Berner Sandstein ist kein hartes Gestein. Die Sandkörner sind nur schwach und auch nicht vollständig miteinander verbunden. Viele Mauern in der Stadt bröckeln deshalb langsam, aber stetig ab. Wieso aber wurde für ein derart wichtiges, grosses Bauwerk, das Gott geweiht war und für die Ewigkeit hätte gebaut sein sollen, nicht ein härteres, dauerhafteres Gestein gewählt? Der Berner Sandstein besass zwei, für die damalige Zeit wichtige Eigenschaften:

- Er war in geringer Distanz von der Stadt in grosser Menge vorhanden. Dies senkte die Transport- und damit die Baukosten, besonders in Zeiten, als die Steine mühsam auf Pferdefuhrwerken transportiert werden mussten.
- Die Weichheit des Gesteins ermöglichte es auch schon vor vielen hundert Jahren, sehr feine Verzierungen und Figuren aus dem Gestein heraus zu hauen, wie zum Beispiel jene über dem Hauptportal des Münsters. Damals hatten die Steinmetze nur einfache, handgeschmiedete und nicht besonders harte Werkzeuge aus Eisen für ihre Arbeit zur Verfügung (Abb. 11, 12). Heute verwenden sie auch moderne Fräsen und Pressluftgeräte.



Abb. 11: Steinmetze im 16. Jahrhundert bei der Arbeit

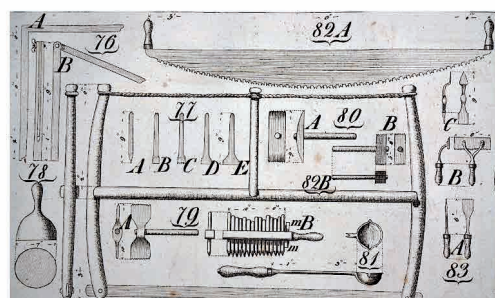


Abb. 12: Steinmetz-Werkzeuge, abgebildet in einem «Lehrbuch der Baukunst» von 1820

Als die Arbeiten im 15. Jh. begannen, konnte man getrost damit leben, dass sich das Gestein bei Regen teilweise mit Wasser vollzog, denn es trocknete auch immer wieder aus. Sichtbare Schäden traten kaum oder erst mit grosser Verzögerung auf.

Mit der Industrialisierung, die in Mitteleuropa gegen Ende des 18. Jahrhunderts einsetzte, veränderte sich die Qualität der Luft jedoch grundlegend. Viele Industriebetriebe nutzten Kohle als Brennmateriale zur Produktion von Energie für ihre Maschinen. Der zunehmende Wohlstand in den Städten ging einher mit dem Verbrauch von Energie zum Heizen und für die Herstellung von elektrischem Strom. Dadurch wurden riesige Mengen an Abgasen ausgestossen, welche zusammen mit dem Regenwasser chemische Verbindungen bildeten, die tief in das Gestein eindringen. Heute werden statt Kohle Erdöl und Erdgas verwendet. Obwohl Heizungen und Industrieanlagen technisch sehr ausgereift sind, gelangen noch immer grosse Mengen von Gasen in die Luft, welche die Bauwerke schädigen.

Fossile Brennstoffe enthalten beispielsweise einen geringen Anteil an Schwefel. Bei der Verbrennung entsteht daraus das Gas Schwefeldioxid (SO_2), das mit Luftsauerstoff und Regenwasser zu Schwefelsäure (H_2SO_4) reagiert. Dringt solch schwefelsäurehaltiges Regenwasser in die Poren von Sandstein ein, reagiert die Schwefelsäure mit dem Kalzit, der als Zement die Sandkörner zusammenhält (Abb. 15) zu Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, Abb. 14). Gipskristalle haben ein um hundert Prozent grösseres Volumen als die Ausgangsstoffe und üben beim Wachstum z. B. bei 70% Luftfeuchtigkeit und 0°C einen Druck von 160 N/mm^2 auf ihre Umgebung aus. Wiederholtes Wachstum solcher Kristalle in den Gesteinsporen (Abb. 16) führt zur oberflächlichen Lockerung des Gesteins und schliesslich zum Abblättern der Gesteinsoberfläche (Abb. 17, 18).

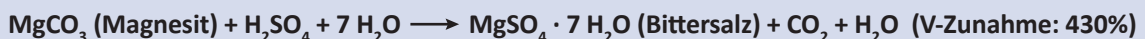
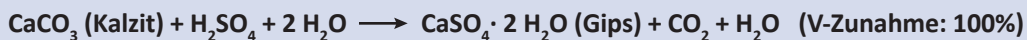


Abb. 14: Beispiele chemischer Reaktionen von Mineralen in Gesteinen mit Schwefelsäure, die zu einer Volumenzunahme führen.

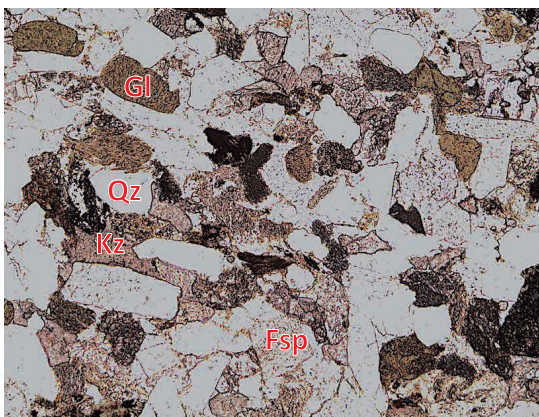


Abb. 15: Dünnschliffphoto eines Berner Sandsteins, Vergrösserung ca. 25 x. Qz: Quarz; Fsp: Feldspat; Gl: Glaukonit (grünlich-bläulich, gibt dem Gestein seine Farbe); Kz: Kalzit, wächst als Zement in den Poren zwischen den anderen Mineralkörnern.



Abb. 13: Detailgenau aus dem Sandstein gehauene Figuren wie dieser Wasserspeier (zur Ableitung des Regenwassers) in Form eines Adlers verdeutlichen, wie hervorragend der Berner Sandstein für feinste Bildhauerarbeiten geeignet ist.

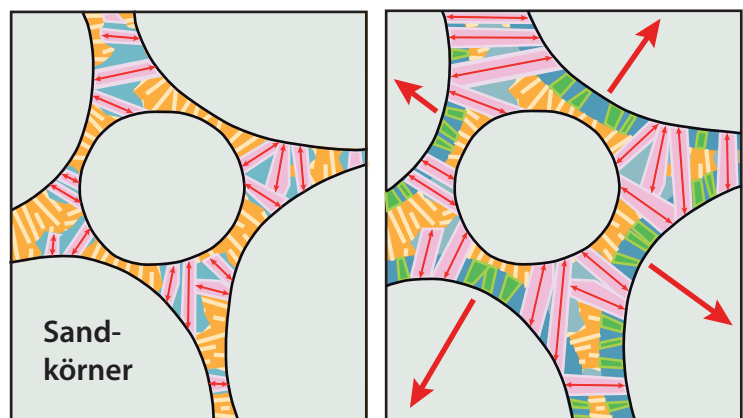


Abb. 16: Sprengung von Sandstein: In wassergefüllten Poren zwischen den Sandkörnern (hellblau) wachsen z.B. Gips- oder Steinsalzkrystalle (rosa). Diese dehnen sich durch ihr Wachstum aus und drücken die Sandkörner auseinander. Dabei entstehen neue Hohlräume (dunkelblau), in welchen auch wieder Krystalle wachsen (grün). Auch diese drücken die Sandkörner weiter auseinander. So lösen sich die Sandkörner nach und nach voneinander ab und das Gestein bröckelt auseinander. Die roten Pfeile geben die Richtung der Ausdehnung an.



Abb. 17: Bei Feuchtigkeit wachsen in den Poren des Sandsteins feine Gipskristalle (weiss), welche Schicht um Schicht des Gesteins abblättern lassen (Nydegghof).



Abb. 18: In diesem Bereich des Münsters war das Gestein bereits sehr stark abgeblättert, sodass die ursprüngliche Form der Verzierungen kaum mehr zu erkennen war.

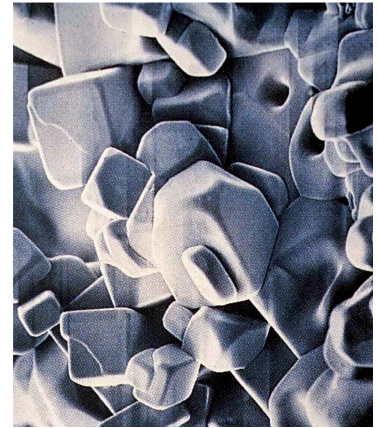


Abb. 19: Rasterelektronenmikroskopische Fotografie von NaCl (Steinsalz)-kristallen, die Mauerwerk sprengen können, Bildhöhe 0.05 mm.

Einen Ausdehnungseffekt von gar 430% hat das Wachstum von Bittersalz, das aus einer Reaktion des Minerals Magnesit mit Schwefelsäure entsteht (Abb. 14). Auch Steinsalzkristalle können in den Gesteinsporen wachsen (Abb. 19). Natriumchlorid wird vor allem im Winter über Wasser aufgenommen, das mit gelöstem Streusalz belastet ist. In porösem Sandstein kann Wasser wie in einem Schwamm durch die Kapillarkraft² aufsteigen.

Münsterbauhütte

Bauhütte ist ein historischer Begriff für einen Werkstattverband, dem verschiedene Spezialisten wie Steinmetze, Zimmerleute, Maurer, Schmiede und Glaser angehören. Die Bauhütten waren streng hierarchisch organisiert und bewahrten ihre Berufsgeheimnisse im engsten Kreis. Sie hatten eine eigene Gerichtsbarkeit und politische Vertretung und waren für die Ausbildung junger Berufsleute besorgt. Viele grosse sakrale Bauten wie Münster, Dome und Basiliken wurden von Bauhütten gebaut, die nach der Fertigstellung aber meist aufgelöst wurden.

Für die Aufstockung des Turmes wurde in den 1880er Jahren eine neue Münsterbauhütte gegründet, welche bis heute aktiv ist. Heute ist es ihre Aufgabe, den Zerfall des Münsters so gut wie möglich aufzuhalten. Kaputte Steinblöcke werden repariert oder ersetzt. Dabei kommen modernste Techniken zum Einsatz. So wird zum Beispiel mittels feiner Spritzen eine Flüssigkeit in Risse eingespritzt, welche unter der Gesteinsoberfläche aushärtet und dadurch schadhaftes Gestein von innen verklebt und stabilisiert (Abb. 20).



Abb. 20: Injektion einer Flüssigkeit, welche in den Rissen aushärtet und den beschädigten Stein stabilisiert. Dafür wird eine medizinische Spritze verwendet.



Abb. 21: Reparatur einer abgeblätterten Stelle durch das Auftragen von Spezialmörtel



Abb. 22: Herstellung eines neuen Steins als Ersatz durch einen Steinmetz mit traditionellem Werkzeug.

² Kraft, die Flüssigkeiten in einer Kapillare gegen die Schwerkraft nach oben steigen lässt. Ursache ist die Oberflächenspannung der Flüssigkeit und die Grenzflächenspannung zwischen Flüssigkeit und Kapillare.

Abgeblätterte Stellen werden mit Mörtel nachgeformt (Abb. 21). Manchmal müssen auch Teile vollständig ersetzt werden (Abb. 22, 23). Diese Arbeiten sind sehr aufwändig und können Jahre dauern.

An den Aussenmauern des Münsters, die dem Wetter besonders ausgesetzt sind, gibt es nicht mehr viele Originalsteine aus der Zeit des Münsterbaus. Die meisten Steine wurden im Lauf der Zeit ersetzt, oft sogar mehrmals. Dabei wurde auch Sandstein aus Zug in der Innerschweiz und St. Margrethen in der Region Bodensee verwendet. Das Vermischen unterschiedlicher Gesteinstypen mit unterschiedlichen Eigenschaften schuf jedoch weitere, noch grössere Probleme. Härtere Steinblöcke «erdrücken» die Weicheren, wodurch erst recht Risse entstehen und die Steine abblättern. Seit dem Jahr 2000 wird viel weniger ersetzt und dafür mehr durch die Injektion von Klebstoffen und das Auftragen von Mörtel repariert.

Eine radikale Lösung wurde in Zürich gewählt, wo die Fassadenverkleidung des ETH-Hauptgebäudes, die in den 1860er Jahren aus Berner Sandstein errichtet wurde, bereits ab 1921 durch einen sehr soliden, farblich kaum unterscheidbaren Kunststein aus Zement, weissem Quarzsand und den Farbpigmenten Chromoxidgrün und Ocker ersetzt wurde.



Abb. 23: Ein neu hergestellter Stein wird anstelle eines kaputten Steins eingesetzt.



Abb. 24: Um die richtigen Mörtelmischungen und Injektionsflüssigkeiten zu finden, wird in der Münsterbauhütte geforscht und „geprübelt“.

2. Welches sind die Vor- und Nachteile des Berner Sandsteins für den Bau von Gebäuden?

3. Können Sie sich vorstellen, weshalb der Berner Sandstein heute nur noch für Reparaturarbeiten an bestehenden Gebäuden abgebaut wird und keine Verwendung mehr findet für grosse Bauten?