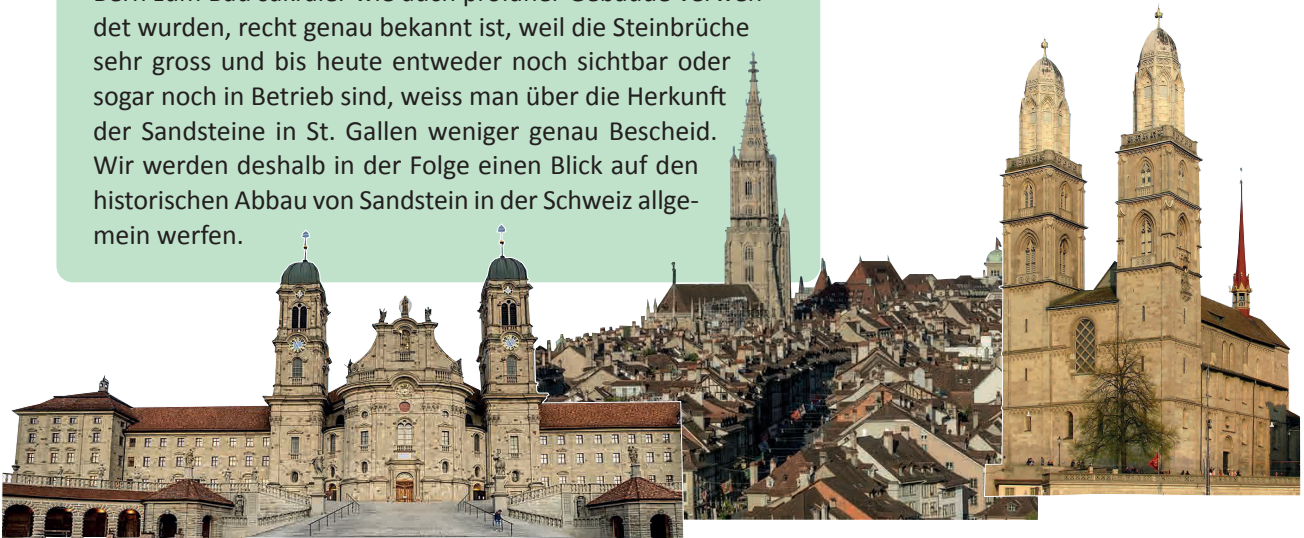


## Ergänzung 1 zu Posten 4

### Wie und wo der Molassesandstein abgebaut wurde

Während die Herkunft der Sandsteine, die in Zürich oder Bern zum Bau sakraler wie auch profaner Gebäude verwendet wurden, recht genau bekannt ist, weil die Steinbrüche sehr gross und bis heute entweder noch sichtbar oder sogar noch in Betrieb sind, weiss man über die Herkunft der Sandsteine in St. Gallen weniger genau Bescheid. Wir werden deshalb in der Folge einen Blick auf den historischen Abbau von Sandstein in der Schweiz allgemein werfen.



**Abb. 1:** Das Kloster Einsiedeln, die Altstadt und das Münster von Bern sowie das Grossmünster von Zürich sind Bauten aus Molassesandstein.

Sandstein war vom Mittelalter bis ins 19. Jh. in vielen Schweizer Städten der am weitesten verbreitete Baustein. Erst die schnelle und kostengünstige Betonbauweise hat ihn schliesslich von den Baustellen verdrängt. Einerseits ist Sandstein im Schweizer Mittelland zwischen dem Fuss der Alpen und dem Jura an vielen Orten aufgeschlossen (an der Oberfläche zugänglich) und konnte damit über kurze Transportwege beschafft werden, andererseits ist das Gestein aufgrund seiner geringen Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Bearbeitung im Steinbruch leicht abbaubar und durch seine Homogenität auch bei Steinmetzen beliebt, die daraus vielfältige Verzierungen z.B. für Kirchen herstellen können. Die Altstadt von Bern mitsamt dem Berner Münster ist vollständig aus Sandstein gebaut, auch in Zürich, Luzern, Fribourg oder Zug – um nur die grösseren Städte zu nennen – bestehen viele sakrale und profane Bauten aus Sandstein (Abb. 1).

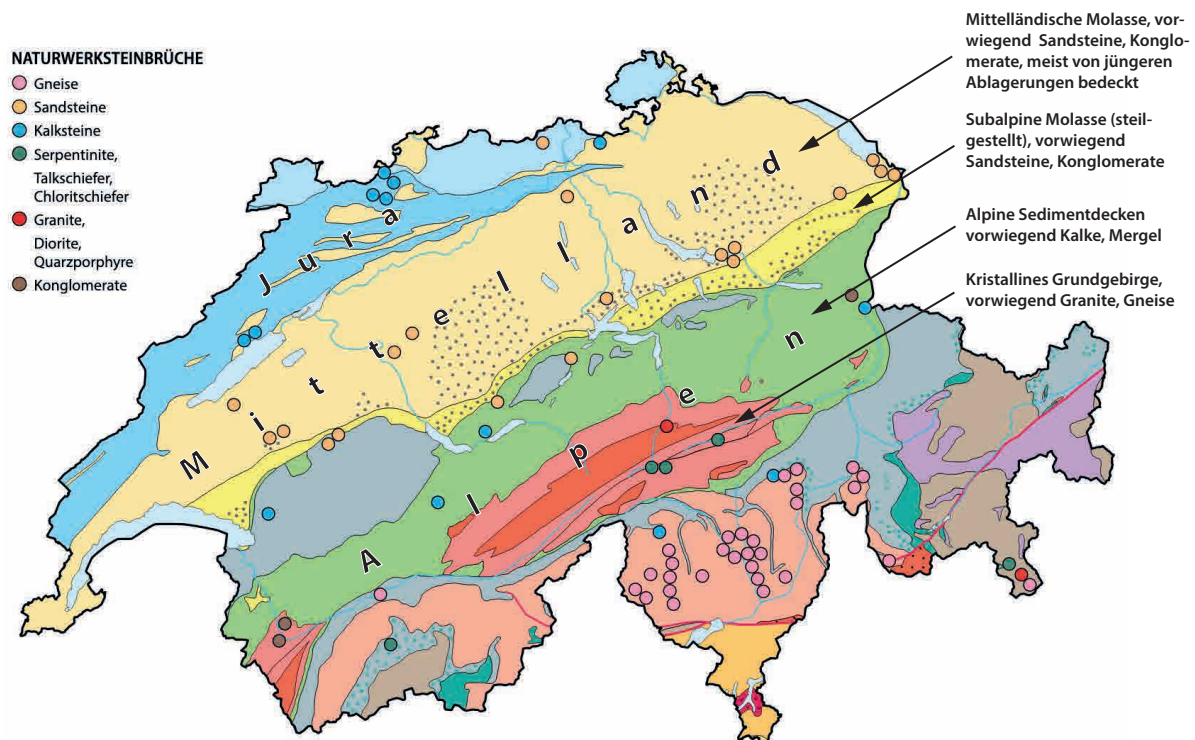
Die im Vergleich beispielsweise zu Granit geringe Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Bearbeitung ist das Ergebnis einer eher schwachen Zementation der Sandkörner und einer gewissen Porosität, die Regenwasser aufsaugen kann. Zusätzlich besteht der Zement aus Kalzit, weshalb er anfällig ist auf Verwitterung, denn Kalzit wird von der Kohlensäure im Regen ( $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{H}_2\text{CO}_3$ ) angegriffen. Das Berner Münster beispielsweise ist seit seiner Fertigstellung Ende des 19. Jahrhunderts ein «ewiger Sanierungsfall» und selten frei von Baugerüsten. Damit der weiche, witterungsanfällige, grünliche Berner Sandstein nicht zerfällt, müssen laufend Restaurierungs- und Konservierungsarbeiten durchgeführt werden, zuständig dafür ist die Münsterbauhütte<sup>1</sup>. Auch die Türme der Stiftskirche St. Gallen mussten in den 1930er-Jahren und Anfangs des 21. Jh. saniert werden. Das Zürcher Grossmünster wird aktuell renoviert. Sandstein ist somit, wie kaum ein anderes, für die historische Architektur vieler Schweizer Städte wichtiges Gestein, mittel- und langfristig anfällig auf Witterungseinflüsse und Zerfall.

#### Wo überall findet man Sandstein?

Die Sandsteine der Molasse (Molassesandsteine) mit ihren charakteristischen, graugrünlischen, graubläulichen oder graubräunlichen Farben wurden zwischen ca. 35 und 5 Millionen Jahren am nördlichen Fuss der entstehenden Alpen im Schweizer Mittelland, aber auch in Deutschland und in Österreich abgelagert. Ältere, rote Buntsandsteine aus der Triaszeit (252-243 Mio. J.) wurden in Deutschland häufig als Bausteine verwendet, auch in Basel bestehen das Münster und zahlreiche Profanbauten aus diesem Material.

<sup>1</sup> Bauhütte ist ein historischer Begriff für einen Werkstattverband, dem verschiedene Spezialisten wie Steinmetze, Zimmerleute, Maurer, Schmiede und Glaser angehören.

Molassesandsteine bauen den Untergrund des ganzen Schweizer Mittellandes auf (Abb. 2) und befinden sich unter den Fluss- und Gletscherablagerungen der vergangenen Kaltzeiten oft nahe an der Oberfläche, sodass sie in unzähligen grossen und kleinen Steinbrüchen abgebaut werden konnten. Ein paar wenige grosse Steinbrüche sind noch in Betrieb oder wurden sogar vor nicht allzu langer Zeit neu in Betrieb genommen. Die Mehrheit der Steinbrüche ist jedoch längst geschlossen, viele sind von Vegetation überwachsen, kaum mehr als solche zu erkennen oder sogar zugeschüttet. In der Umgebung von Bern wird der Sandstein, aus welchem das Münster und die ganze Altstadt gebaut ist, nur noch sporadisch für Restaurierungszwecke abgebaut. In der Ostschweiz ist der Steinbruch im Chreienwald ob Staad noch voll in Betrieb, in Teufen wird jeweils im Sommer noch eine geringe Menge Sandstein abgebaut. Am oberen Zürichsee sind noch drei Sandsteinbrüche in Betrieb, zwei davon werden sogar aktuell stark ausgebaut.



**Abb. 2:** Aktive Steinbrüche in der Schweiz um die Jahrtausendwende, mittlerweile wurden schon wieder einige davon stillgelegt. Die Farben kennzeichnen verschiedene tektonische Einheiten. Das Mittelland besteht aus Molassesandsteinen und vereinzelt aus Konglomeraten (schwarz gepunktet). Die subalpine Molasse wurde in der Schlussphase der Alpenbildung am Nordrand der Alpen von dicken Deckenstapeln überfahren, zerbrochen und steil gestellt. Einige der Sandsteinbrüche sind noch heute in Betrieb und liefern Sandstein, der vor allem für Restaurierungszwecke an historischen Gebäuden, für moderne Fassadenverkleidungen, den Innenausbau und für vielerlei Dekorationselemente verwendet wird. Ganze Gebäude aus Sandstein in der Art vergangener Jahrhunderte werden heute jedoch nicht mehr gebaut (Grafik modifiziert nach NATURSTEIN.SWISS).

### Historischer Sandsteinabbau in der Region St. Gallen - Appenzell

In der Umgebung von St. Gallen muss es früher diverse Sandsteinbrüche gegeben haben, wovon die meisten heute in der Landschaft nicht mehr erkennbar sind. Wenn immer möglich wurden die Steine jeweils im direkten Umfeld eines Bauvorhabens gebrochen, wobei dem Sandstein kaum anzusehen war, wie verwitterungsresistent er langfristig sein würde, was ein grosses Risiko für die Bauten darstellte.

Aus der historischen Literatur lässt sich die Herkunft der Steine, die für die Stiftskirche verwendet wurden, nur ansatzweise rekonstruieren: für die grünlichgrauen Sandsteine werden ehemalige Steinbrüche bei der Notkersegg östlich der Stadt und in St. Georgen südlich der Stadt angenommen. Die bräunlichgrauen Sandsteine hingegen dürften mit hoher Wahrscheinlichkeit in Teufen gebrochen worden sein, möglicherweise im Gebiet Spieltrückli. Die Teufener Herkunft der Fassadenfiguren ist sogar gesichert. In der Lochmüli in Teufen wird bis heute Sandstein abgebaut. Bei späteren Renovationsarbeiten, als der Steintransport durch die Eisenbahn bereits einfacher geworden war, könnten auch Steine aus anderen Steinbrüchen verwendet worden sein, so z.B. aus der Region von St. Margrethen oder aus den noch heute betriebenen Steinbrüchen in Staad, SG (Chreienwald) oder am oberen Zürichsee (Bollingen, Eschenbach, SG).



### Historische Abbautechnik

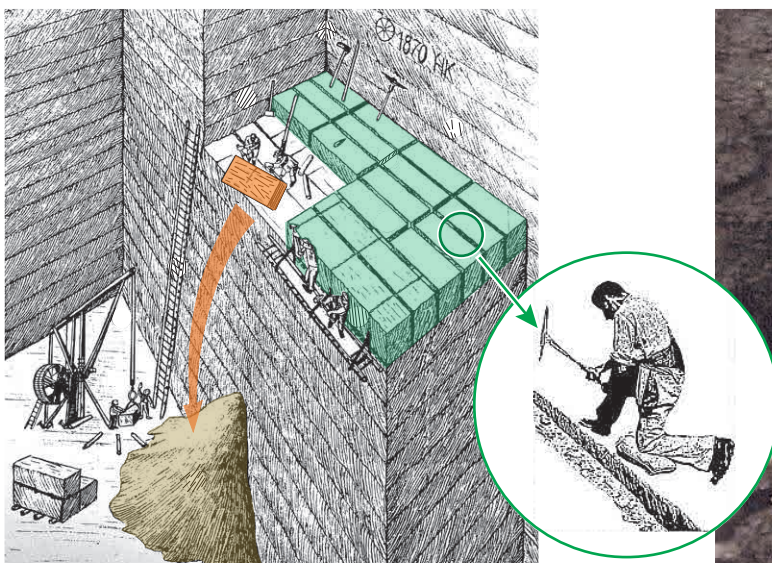
Liegen die Sandsteinschichten horizontal, konnten schon im Mittelalter rechteckige Blöcke immer gleicher Grösse mit Handwerkzeugen gewonnen werden, was deren Transport vereinfachte. Diese Technik ist in den Steinbrüchen in der Umgebung von Bern gut dokumentiert. Dabei wurden jeweils viele Meter hohe, säulenförmige Bereiche in Etagen von oben nach unten abgetragen (Abb. 3). Jede Etage wurde durch schmale Schlitzte in mehrere Kubikmeter grosse, rechtwinklige Blöcke unterteilt. Diese Arbeit hiess je nach Region «schroten» oder «schrämen» 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 Pferdefuhrwerken konnten sie danach zu ihrem Bestimmungsort transportiert werden.

Wo die Sandsteinschichten nicht horizontal liegen, weil sie durch den Druck der nahen Alpen steil gestellt wurden, mussten die Schichten einzeln mit Pickeln und Brechstangen aus den Steinbruchwänden gelöst werden, bis sie von selbst von der Wand herunter rutschten oder fielen, was für die Steinbrucharbeiter sehr gefährlich sein konnte.

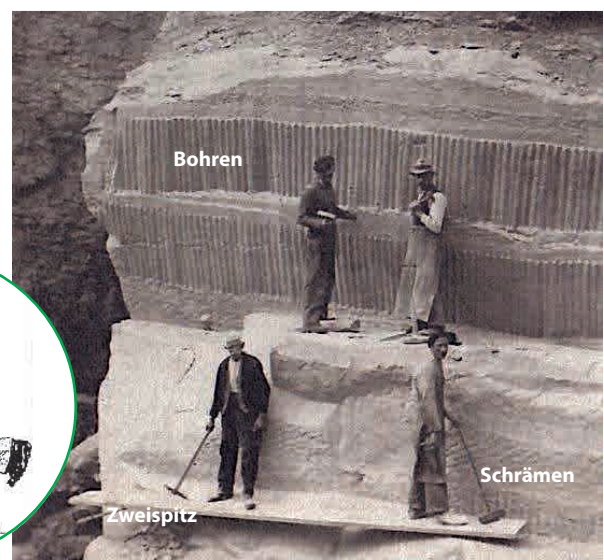
Von der Entwicklung druckluftbetriebener Bohrhämmer, die in Europa erstmals beim Bau des 13.7 Kilometer langen Mont-Cenis-Eisenbahntunnels zwischen Italien und Frankreich (1857–1870) und ab 1872 auch beim Bau des ersten Gotthard-Eisenbahntunnels zum Einsatz kamen, konnten auch die Steinbrüche profitieren. Im Sandstein reichte es, mit geringem Abstand in einer Linie Löcher zu bohren, um die Blöcke danach mit Keilen von der Wand zu lösen (Abb. 4), Sprengstoff war nicht notwendig und hätte die Blöcke nur beschädigt. Abb. 5 und 6 vermitteln einen Eindruck von der damaligen harten Arbeit in den Steinbrüchen und beim Transport der Steine am Beispiel des Steinbruchs Chreienwald oberhalb von Staad.

### Unterirdischer Abbau

Häufig ist qualitativ guter Sandstein erst ab einer gewissen Tiefe zu finden, wo er vor Verwitterung geschützt ist. Der Abbau von tausenden Kubikmetern minderwertigen Materials, das zuerst oberflächlich entfernt werden musste, ist jedoch aufwändig und teuer, insbesondere in Anbetracht der heutigen strengen Umweltgesetzgebung, da dieses minderwertige Material nicht nur abgebaut, sondern auch auf Deponien entsorgt werden müsste. Deshalb wurden und werden noch heute Kavernen mächtigen Ausmasses angelegt, unter anderem in den Sandsteinbrüchen in der Umgebung von Bern (Abb. 7), aber auch bei Staffelbach im Kanton Aargau (Abb. 8) und seit Neuestem bei Bollingen am Oberen Zürichsee (Abb. 9).



**Abb. 3:** Historischer Abbau von Sandstein in einem Steinbruch bei Bern. Grün: fertig geschroten (geschlitzte) Blöcke; orange: von der Unterlage losgelöster Block wird hinunter geworfen; braun: Sandhaufen, der den Sturz abdämpfen soll.



**Abb. 4:** Historischer Abbau von Sandstein am Zürichsee. Oberhalb der Bildmitte wurden die Blöcke mittels nahe beieinander liegender Bohrlöcher von ca. 5 cm Durchmesser von der Steinbruchwand gelöst, unterhalb der Bildmitte sind am Fels Spuren des Schrämens sichtbar.





**Abb. 5:** Arbeit im Steinbruch Chreienwald und Transport der Steine mit Pferdewagen und Schiff vor der Mechanisierung des Abbaus (undatierte Fotos Archiv Bärlocher AG)



**Abb. 6:** Abbau mittels Bohrmaschine (auf Schienen, damit die Bohrlöcher genau in eine Linie zu liegen kommen) und Kran im Steinbruch Chreienwald; Transport der Steine mit Lastwagen und Eisenbahn (undatierte Fotos Archiv Bärlocher AG)





**Abb. 7:** Abbau von Sandstein in Kavernen bei Krauchthal in der Umgebung von Bern mit Spuren des Schrämens an den Wänden (wird in Bern auch Schroten genannt)



**Abb. 8:** Kavernen des aufgelassenen Steinbruchs Staffelsbach (AG) mit Spuren des Schrämens an den Wänden

### Moderne Abbautechnik

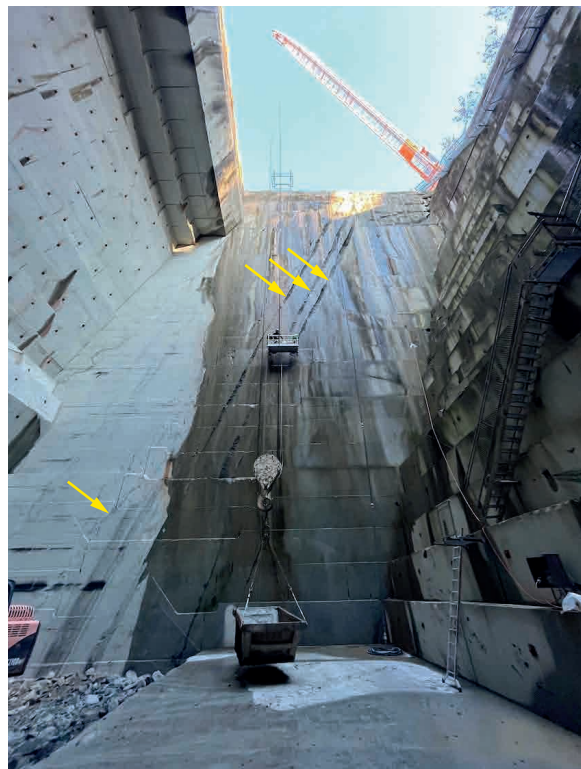
Das Schrämen oder Bohren der Schlitzte wird heute von mechanischen Schrämsägen, sog. Schwertsägen mit diamantbewehrten Stahlketten (Abb. 10) oder von Diamant-Seilsägen erledigt (Abb. 12, 13). Dadurch ist es möglich, rechteckige Blöcke mit weitgehend genormten Massen zu gewinnen, die zwischen 10 und 20 Tonnen wiegen. Um das Konfliktpotential mit den Interessen des Landschaftsschutzes zu verringern und dadurch den Abbau auch in der Zukunft sicherzustellen, wird der Sandstein in den letzten verbliebenen, grossen Sandsteinbrüchen auf der Nordseite des Oberen Zürichsees in senkrechten, tiefen Schächten (Schachtverfahren) oder unter Tage in bis zu 100 m langen Kavernen abgebaut (Abb. 9, 11).



**Abb. 9:** Unterirdische Kaverne im Steinbruch Leholz bei Bollingen (SG). Vom Hauptgang aus werden auch seitliche Nischen abgebaut (Markus Arnitz, Linth24 ).



**Abb. 10:** Schwertsäge auf Schienen im Steinbruch Brand bei Eschenbach (Müller Natursteine AG), SG



**Abb. 11:** 35 m tiefer Schacht des Steinbruchs Brand bei Eschenbach (Galli/Rudolf). Der Schacht könnte bis auf 60 m abgeteuft werden. Der Sandstein ist massig und weist keine erkennbare Schichtung auf, dies erleichtert den Abbau. Einzige tektonische Bruchzonen (Pfeile) müssen beachtet werden, auch eindringendes Grundwasser muss laufend abgepumpt werden.





**Abb. 12:** Zerschneiden des Gesteins mit einer Seilsäge im Steinbruch Chreienwald. Das Seil wurde vorgängig durch Bohrlöcher «eingefädelt» und frisst sich nun – angetrieben von einem Motor – durch das Gestein, wobei eine fast ebene Schnittfläche entsteht.



**Abb. 13:** Stahlseil einer Seilsäge mit diamantbesetzten Segmenten (rot), ca. 1 cm dick.



**Abb. 14:** Aktueller Abbau im Steinbruch Chreienwald. Dabei wird der Schlitz, den die Seilsäge hinterlassen hat, mit einem Kunststoffkissen, das mit Wasser gefüllt wird und sich dabei ausdehnt (gelb), aufgeweitet bis der Block auf einer schwachen, tonhaltigen Schicht abgleitet und auf eine Unterlage aus Schutt fällt, die den Sturz bremst. Dabei zerfällt der Block entlang von tonhaltigen Schichtflächen mit schwacher Haftung in kleinere Stücke, die leichter zu transportieren sind (Fotos Archiv Bärlocher AG).

Im Steinbruch Chreienwald bei Staad wäre dies aufgrund der talwärts geneigten Sandsteinschichten, die mit dünnen, tonhaltigen Schichten mit schlechter Haftung abwechseln, nicht möglich. Eine Kaverne wäre zu wenig stabil und ein horizontaler Abbau müsste schräg zur geneigten Schichtung verlaufen, wodurch viel Material als Abfall verloren ginge. Deshalb wird dort bis heute im Tagebau gearbeitet (Abb. 14).