

Posten 4: Türme der Stiftskirche

Sandstein - von Sandstränden und einem Meer

Während die Mauern der meisten Häuser der mittelalterlichen St. Galler Altstadt mit Mörtel verputzt sind und sich deren Baumaterialien nur erahnen lassen – meist wohl ein wildes Durcheinander aus unterschiedlichen Gesteinen der Umgebung –, verstecken die Türme der Stiftskirche ihr Baumaterial nicht: sie bestehen aus einem sandig sich anfühlenden Gestein, das tatsächlich auch aus Sand besteht, sogenanntem Sandstein. Es ist neben dem Gestein von Posten 6 das einzige «typisch» regionale Gestein, das auch in der unmittelbaren Umgebung der Stadt vorkommt. Auch zum Bau der mittelalterlichen Stadtbefestigung und der Stadttore wurde Sandstein aus der Umgebung der Stadt verwendet, da dadurch die Transportwege für das Baumaterial kurz waren.

Wir werden uns mit folgenden Fragen beschäftigen:

- Wie und wann ist der Sandstein entstanden?
- Wie könnte das Gebiet der Schweiz damals ausgesehen haben?
- Weshalb hat Sandstein unterschiedliche Farben?

Sandsteine bestehen, wie ihr Name sagt, aus Sand. Es gibt grobe Sandsteine und sehr feine. Jene Sandsteine, die in St. Gallen verwendet wurden, sind feinkörnig. Wo man die Sandkörner gerade noch zu sehen vermag, sind sie etwa einen halben Millimeter bis einen Millimeter gross, oft sind sie jedoch auch nur 1/10 mm gross, sodass man von Auge kaum einzelne Körner erkennen kann. Doch auch sehr feiner Sandstein verrät sich durch eine Oberfläche, die sich sandig anfühlt und von der sich beim Berühren Sandkörner lösen können. Die Ostfassade der Stiftskirche gleicht farblich einem Mosaik aus unterschiedlichen Sandsteinen (Abb. 1, 2), wobei das untere Drittel eher grünlich und der Rest eher bräunlich wirkt. Vermutlich besteht sie mehrheitlich aus zwei Sandsteintypen, einem grünlichgrauen und einem bräunlichgrauen Typ, die bei Renovationsarbeiten in unterschiedlichen Phasen teilweise ersetzt und dadurch zusätzlich auch noch unterschiedlich stark verwittert sind. Kommt hinzu, dass nicht alle Sandsteine gleich schnell verwittern und dabei ihre Farbe verändern, es gibt je nach lokaler Herkunft grosse Unterschiede.



Abb. 1: Ostfassade der Stiftskirche



Abb. 2: Besonders auffällige Farbunterschiede der Sandsteinquader

In der Umgebung von St. Gallen muss es früher diverse Sandsteinbrüche gegeben haben, wovon die meisten heute nicht mehr erkennbar sind. Aus der historischen Literatur lässt sich die Herkunft der Steine nur ansatzweise rekonstruieren, für die grünlichgrauen Sandsteine werden ehemalige Steinbrüche bei der Notkersegg östlich der Stadt und in St. Georgen südlich der Stadt erwähnt. Die bräunlichgrauen Sandsteine hingegen dürften mit hoher Wahrscheinlichkeit ehemals 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 ver-



Abb. 3: Feiner Sandstein, ca. Originalgrösse, Hofkirche

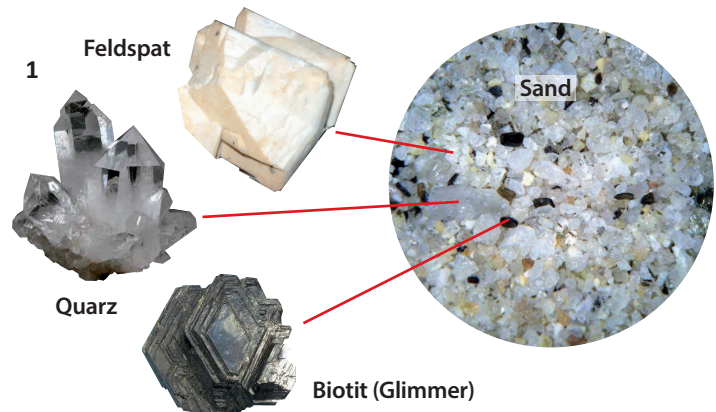


Abb. 4: Feldspat, Quarz und Glimmer, die drei Hauptkomponenten des Sandsteins in der Schweiz.

wendet worden sein, so z.B. aus der Region St. Margrethen oder aus den noch heute betriebenen Steinbrüchen in Staad, SG (Chreienwald) oder am oberen Zürichsee (Bollingen, Eschenbach, SG).



Welche Geschichten erzählt uns der Sandstein?

Mittlerweile haben Sie sicher bemerkt, welche Geschichten die Gesteine am besten erzählen können: jene ihrer eigenen Entstehung. Das ist auch beim Sandstein nicht anders. Der Sandstein erzählt seine Geschichte einerseits durch die Art seiner Bestandteile, andererseits durch die Art seiner Schichtung. Sand ist immer das Resultat der Zerkleinerung von Gesteinen durch die Einflüsse zerstörerischer Kräfte, der sogenannten **Verwitterung**, wie auch des **Transportes** durch Wasser oder Wind. Gefriert z. B. im Gebirge Wasser in Felsspalten (Spaltenfrost), wird das Gestein auseinander gesprengt, stürzt zu Tal und zerbricht in kleine Stücke. Diese werden von Bächen und Flüssen mitgerissen, schlagen im Wasser gegeneinander (Ab-

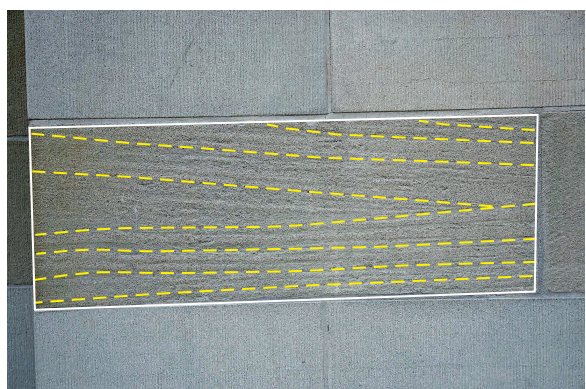
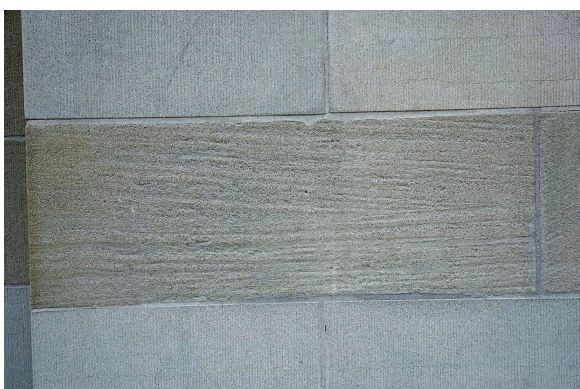
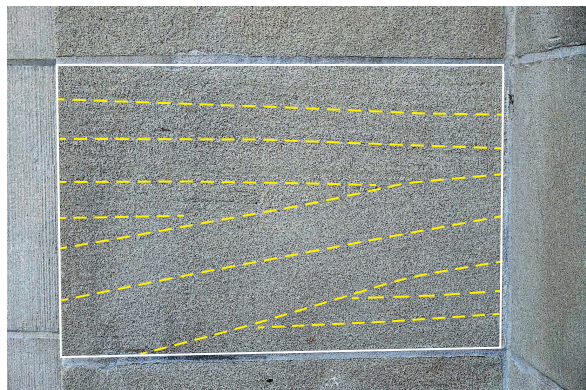


Abb. 5: Sandsteinquader mit gut sichtbarer Schrägschichtung an der Stiftskirche, in den rechten Abbildungen ist die Schichtung gelb hervorgehoben.

rasion) und werden so zu Kies und Sand zermahlen (Sandkörner sind kleiner als 2 mm, Kies ist zwischen 2 mm und 6 cm im Durchmesser). Jene Minerale, die am widerstandsfähigsten sind, haben die grössten Chancen, diese zerstörerische Reise zu überstehen. Es wundert deshalb nicht, dass Quarzkörner die häufigsten Bestandteile des Sandsteins sind (Abb. 3, 4). Wir haben schon an Posten 1 gesehen, dass Quarz besonders widerstandsfähig ist gegen Verwitterung. Auch Sandkörner aus Feldspat kommen im Sandstein häufig vor. Dieser ist zwar etwas weicher als Quarz, er ist aber in vielen Gesteinen – wie z. B. im Granit – in derart grossen Mengen vorhanden, dass auch nach Verwitterung und Transport noch immer ein Teil davon übrig bleibt. Vom weichen, blättrigen Glimmer hingegen, der in vielen Gesteinen ebenfalls in grossen Mengen vorkommt, ist im Sandstein viel weniger zu finden, dieser wird beim Transport fast vollständig zerrieben.

Der Sandstein besteht also aus Mineralkörnern, die irgendwo schon einmal Teil eines Gesteins bzw. Gebirges gewesen waren, die zerkleinert, von Flüssen transportiert und danach zu einem Sediment abgelagert worden waren. Doch unter welchen Bedingungen geschah das? Hier kann die Art der Schichtung im Sandstein eine Antwort geben. Horizontale Schichtungen, wie wir sie in vielen Sandsteinen beobachten können, entstehen in stehendem Wasser. Das kann ein See oder ein Meer sein. Wurden die Schichten hingegen schräg abgelagert, spricht man von **Schrägschichtung** (Abb. 5). Schrägschichtungen entstehen, wenn Sandkörner in fliessendem Wasser entweder in einem träge dahin fliessenden Fluss, in einem Flussdelta oder am flachen Strand eines stehenden Gewässers abgelagert werden. Flussdeltas entstehen, wenn Flüsse in einen See oder ein Meer münden, die Fliessgeschwindigkeit abnimmt und alles abgelagert wird, was sie mittransportieren.

In vielen Sandsteinen können auch gewellte Schichten beobachtet werden, besonders schöne Exemplare werden meist in Steinbrüchen gefunden (Abb. 6-8), leider durch den Abbau aber auch meist gleich wieder zerstört. Dies sind **Wellenrippeln**, wie sie auch heute auf weiten, flachen Sandstränden durch Wellen-

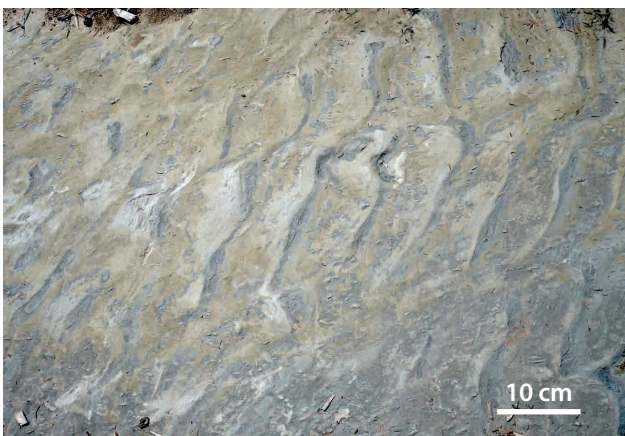


Abb. 6: Wellenrippeln auf einer Schichtoberfläche im Steinbruch Rooterberg (LU)



Abb. 7: Wellenrippeln auf einer Schichtoberfläche aus einem Steinbruch bei Luzern (Museum Gletschergarten, LU)



Abb. 8: Wellenrippeln auf einer Schichtoberfläche im Gletschergarten Luzern



Abb. 9: Wellenrippeln im Sand an einem Strand

schlag entstehen (Abb. 9). Die Geologie geht davon aus, dass die Gesteine früher auf dieselbe Weise entstanden sind wie heute, dies nennt man **Aktualitätsprinzip**. Der Sandstein ist demnach in einem Gebiet mit einem Meer oder See, Flussdeltas und flachen Stränden entstanden. Die Flüsse müssen den Sand aus einem Gebirge mit sehr starker Verwitterung herangetragen haben. Das könnte etwa so ausgesehen haben wie in Abb. 10.

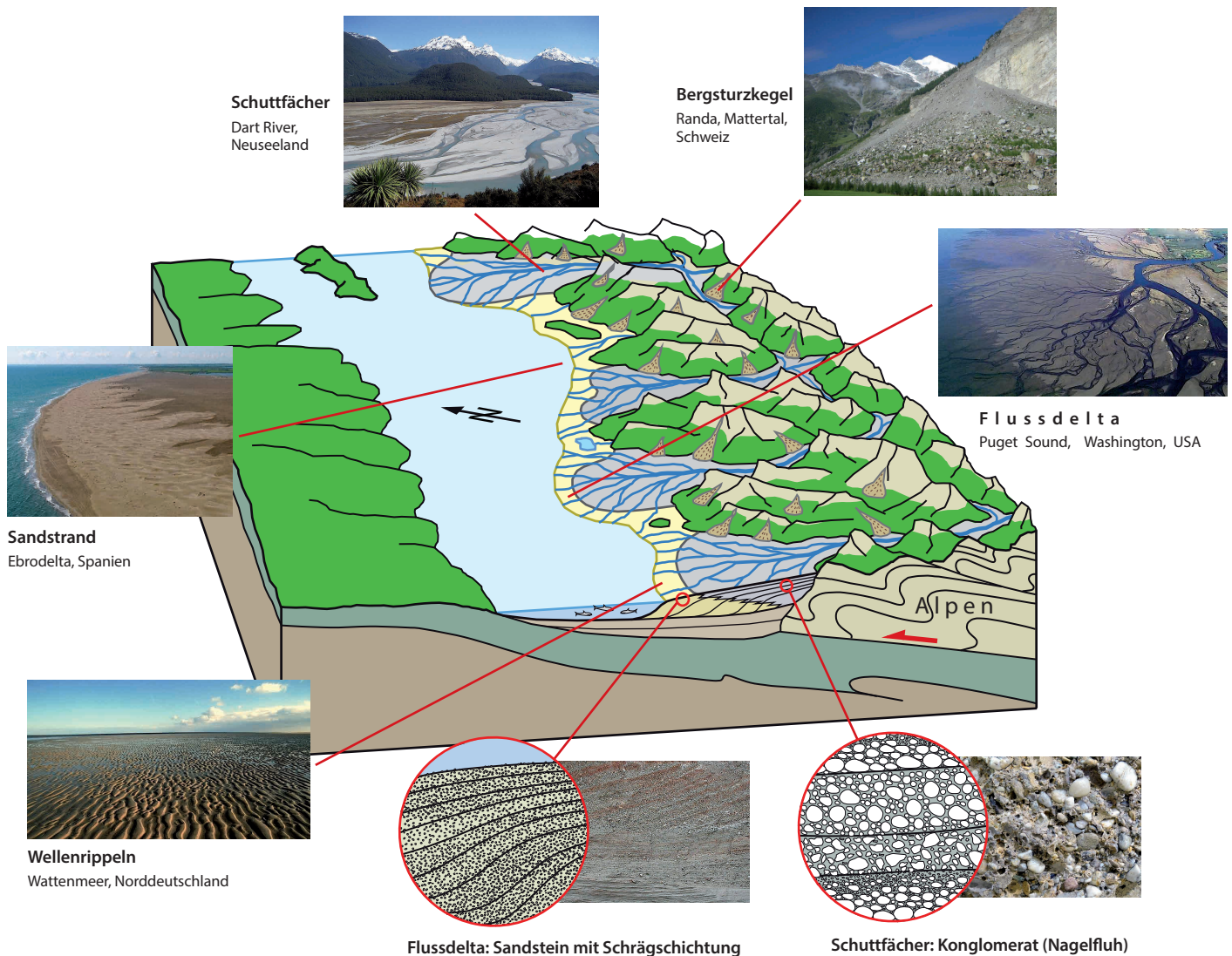


Abb. 10: So könnte der Ablagerungsraum des Sandsteins im Schweizer Mittelland ausgesehen haben.

Das Gebirge rechts in Abb. 10 sind die noch jungen Alpen vor ca. 20 bis 18 Millionen Jahren, die von Süden her sehr schnell (mit ca. 2 cm pro Jahr) nordwärts überschoben werden (roter Pfeil). Das Gebirge ist deshalb sehr instabil und anfällig für Verwitterung. Dadurch wird es gleichzeitig auch wieder um mehrere Millimeter pro Jahr abgetragen. Es gibt viele Bergstürze, die grosse Bergsturzkegel bilden. Bäche und Flüsse tragen die Steine mit, runden sie ab und zerkleinern sie zu Kies und Sand. Geröll und Kies werden auf Schuttfächern riesigen Ausmasses abgelagert. Die leichteren Sandpartikel hingegen werden im fließenden Wasser bis an den Strand eines untiefen Gewässers transportiert und erst dort abgelagert, wo das fließende Wasser auf das Stehende trifft und dadurch gestoppt wird (Flussdelta). Aus Geröll und Kies entsteht ein sogenanntes **Konglomerat**. Dieses findet man heute z. B. im Gebiet des Napfs östlich von Bern, im Gebiet Hörnli/Schneebelhorn im Tösstal, am Speer nördlich von Weesen, an der Rigi, im Gebiet Kronberg-Hinderfallenchopf-Gössigenhöchi NW der Schwägalp oder in den Hügeln zwischen Toggenburg und Herisau. In der Deutschschweiz, aber auch bis nach Bayern, heisst dieses Gestein auch «Nagelfluh». Der Sand bildet **Sandstein** mit Schrägschichtungen, wie sie für Flussdeltas und Strände typisch sind. Alle diese Ablagerungen werden unter dem Begriff **Molasse**¹ zusammengefasst, die Sandsteine werden deshalb gelegentlich auch als **Molassesandsteine** bezeichnet.

Mio. Jahre

| | | | |
|----|--------------------------|-----|--|
| 5 | | | |
| 10 | Obere Süsswassermolasse | OSM | Vorwiegend Sandsteine, Konglomerate, Mergel, dünne Kohleschichten |
| 15 | | | |
| 20 | Obere Meeresmolasse | OMM | Vorwiegend Sandsteine, Konglomerate, Mergel, Muschelkalksandsteine |
| 25 | Untere Süsswassermolasse | USM | Vorwiegend Sandsteine, Konglomerate, Mergel |
| 30 | | | |
| 35 | Untere Meeresmolasse | UMM | Vorwiegend Sandsteine, Konglomerate, Mergel |

Abb. 11: Unterteilung der Molasseablagerungen in zwei Meeres- und zwei Süsswasserperioden. Die grünlichgrauen Sandsteine gehören zur Oberen Meeresmolasse, die bräunlichgrauen Sandsteine hingegen zur Unteren Süsswassermolasse.

Am Fuss der Alpen sind die Molassegesteine bis zu 5 km mächtig, gegen Norden werden sie zunehmend dünner und erreichen nur noch wenige 100 m.

See oder Meer - oder beides?

Bleibt noch die Frage, ob das Gewässer nördlich der Alpen, an dessen Rand die Molasseablagerungen sedimentiert wurden, ein Meer oder ein grosser See war. Auf diese Frage könnten Fossilien eine Antwort geben, die sich Lebensräumen zuordnen lassen, die entweder typisch waren für Salz- oder für Süsswasser. Leider findet man in Sandsteinen und in Konglomeraten nur sehr selten Fossilien, da Schalen von Muscheln oder Schnecken in bewegtem Wasser zwischen Sand- und Kiespartikeln zerrieben werden. Pflanzenüberreste werden noch seltener gefunden. Trotzdem ist es der Geologie gelungen, herauszufinden, dass das Gewässer zeitweise ein seichter Meeresarm und zeitweise ein vom Ozean abgetrennter, verlandender Süsswassersee war. Dies führte zur heute gängigen Aufteilung in zwei Meeres- und zwei Süsswasserperioden (Abb. 11).

In einigen wenigen Schichten des grünlichgrauen Sandsteins, der sogenannten «St. Gallen Formation», in sehr feinkörnigen Sandsteinen mit hohem Gehalt an Ton, die an einem ruhigen Strand – vielleicht in einer Lagune – abgelagert wurden, können Platten mit Muschelschalen und Schneckenhäusern gefunden werden, die auch heute noch in ähnlicher Form im Meer vorkommen (Abb. 12). Ebenso kommen in diesen Schichten manchmal Zähne von Haien vor, die ausschliesslich im Salzwasser leben (Abb. 13). Dies zeigt, dass diese Sandsteine am Strand eines Meeres entstanden, das jedoch kaum tiefer als 50 m gewesen sein dürfte (Abb. 14). Der grünlichgraue Sandstein gehört deshalb zur Oberen Meeresmolasse (Abb. 11). Eingeschwemmte Holzstücke (in schwarze Kohle umgewandelt) zeugen von der Nähe des Landes. Einige wenige Überreste von Palmblättern (Abb. 15), die im Sandstein gefunden wurden, weisen zusätzlich darauf hin, dass das Klima damals subtropisch war, also etwa wie im heutigen Mittelmeergebiet oder in Florida.



Abb. 12: Grosse Sandsteinplatte mit Schalen von Muscheln und Schnecken sowie in Kohle umgewandelten Schwemmholzstücken, ausgestellt im Gletschergarten Luzern.



Abb. 13: Haizähne aus Ursendorf (Süddeutschland)

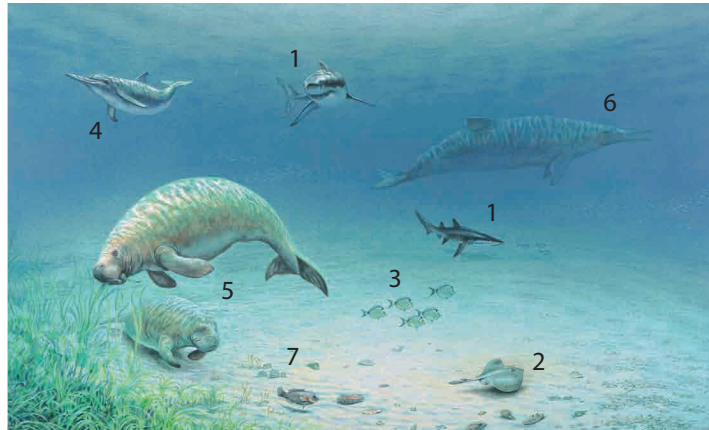


Abb. 14: Rekonstruktion des Lebens im Molassemeer anhand von Funden fossiler Knochen und Schalen (von Beat Scheffold): Im Wasser lebten Haie (1), Rochen (2), Fische (3), Delphine (4), Seekühe (5) und Wale (6), am Boden lebten Muscheln, Seeigel und Schnecken (7).



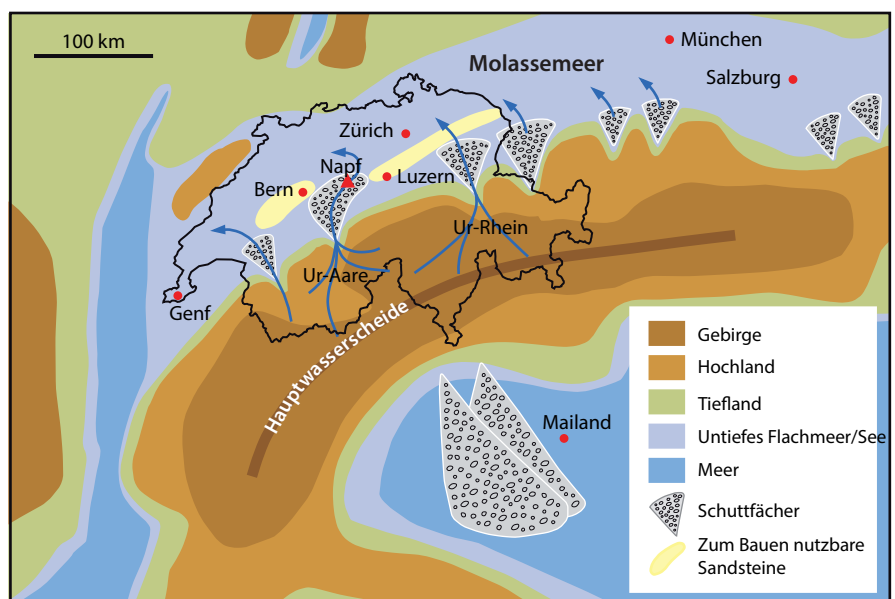
Abb. 15: Fossiles Palmblatt, Gletschergarten

Im bräunlichgrauen Sandstein hingegen werden keine Meeresfossilien gefunden, sodass dieser der Unteren Süsswassermolasse (Abb. 11) zugeteilt wird, da er in der zeitlichen Ablagerungs-Abfolge der Schichten unterhalb des grünlichgrauen Sandsteins liegt.

Wie kam dieses Gewässer dahin, wo heute das Schweizer Mittelland und der Jura liegen? Wir wissen noch vom Solothurner Kalkstein an Posten 2, dass Europa in früheren Zeiten anders aussah. Vor 155 Millionen Jahren beispielsweise, als der Solothurner Kalkstein entstand, war Europa fast ganz von einem Meer bedeckt, aus dem nur einzelne Inseln herausragten. Seither hat der Kontinent sein Gesicht mehrmals verändert.

In der Zeit vor 35 bis 5 Millionen Jahren, als die Molassegesteine abgelagert wurden, waren die Alpen am Entstehen und ragten wohl schon 3'000 m über den Meeresspiegel hinaus. Im Süden der Alpen lag ein Meer, das später einmal Teil des Mittelmeeres werden würde, im Norden hingegen existierte nur ein schmaler, untiefer Meeresarm von Genf über Zürich und München bis nach Wien, der zwischendurch mehrmals verlandete und zeitweise auch ein Süsswassersee war. Dieser Meeresarm wird in der Geologie **Molassemeer** genannt. Vermutlich entstand er, weil das Gewicht der Alpen die nördlich darunter liegende europäische Erdkruste in den Erdmantel hinunter drückte, wodurch ein Becken entstand, das sich mit Wasser füllte (Abb. 16). Hoben sich die Alpen stark, wurden sie auch stärker erodiert und es entstanden grosse Mengen Sedimente, die das Becken schnell ausfüllten und verlanden liessen. Hob sich der Meeresspiegel, entstand wieder ein Meeresarm. Die grossen Alpenflüsse wie Aare, Rhein, Rhone oder Inn/Donau flossen damals noch nicht an denselben Orten durch wie heute. Die Hauptwasserscheide der Alpen, also die Trennlinie zwischen jenen Flüssen, die nach Norden fliessen und jenen, die nach Süden fliessen, lag damals ca. 40 km weiter südwärts, wodurch die Urflüsse von Aare und Rhein andere Einzugsgebiete² hatten als heute.

Abb. 16: Das Molassemeer vor 20 bis 18 Millionen Jahren (OMM)



1. Es lebten damals nicht nur im Molassemeer Tiere, sondern auch auf dem Land. Ihre Überreste sind jedoch noch weitaus schwieriger zu finden als die Überreste von Tieren, die im Wasser gelebt haben. Können Sie sich vorstellen, weshalb?

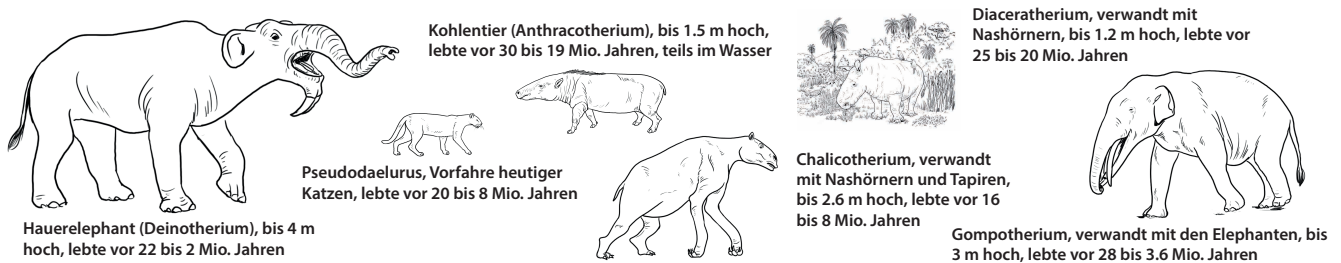


Abb. 17: Landtiere, die während der Ablagerung des Berner Sandsteins lebten (Martin Ryser, Naturhist. Museum Bern).

Von einigen grossen Landtieren, die damals lebten, hat die Wissenschaft eine recht genaue Vorstellung (Abb. 17). Dies ist möglich, wenn genügend Knochen davon gefunden wurden, so dass man deren Skelett rekonstruieren kann. Es gab vermutlich aber auch noch andere Tiere, von welchen wir nichts wissen, da bisher keine Knochen von ihnen gefunden wurden.

Vom Sediment zum Sedimentgestein: wie aus Sand und Kies festes Gestein wird

Werden in einem Fluss oder Flussdelta Sand und Kies abgelagert, entstehen zuerst lockere Sand- und Kiesablagerungen, so wie man sie heute z. B. in Kiesgruben findet. Dort sind die Ablagerungen so locker geschichtet, dass sie mit einer Schaufel oder mit einem Bagger abgegraben werden können. Damit daraus ein festes Gestein wird, müssen sich die Sand- und Kieskörner miteinander verbinden.

Wie schon im Fall des Solothurner Kalksteins erläutert, werden auch die Sand- oder Kiesschichten durch jede weitere Schicht, die sich an der Oberfläche abgelagert, in die Tiefe gedrückt. Während dieser sog. **Diagenese** werden die Sand- und Kieskörner zusammengepresst und die Zwischenräume werden immer kleiner (**Kompaktion**). In den Zwischenräumen befindet sich Wasser, in welchem Mineralstoffe gelöst sind. Wenn diese Mineralstoffe auskristallisieren, bilden sie mikroskopisch kleine Kristalle, welche die Sand- und Kieskörner miteinander verbinden, dies wird **Zementation** genannt. Dadurch entsteht ein festes Gestein (Abb. 18).

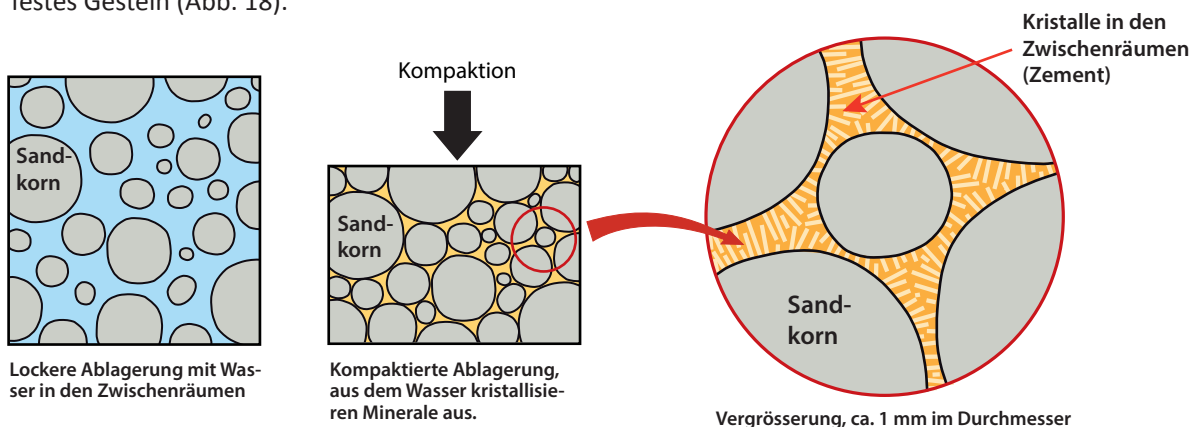


Abb. 18: Kompaktion und Zementation lockerer Ablagerungen zu einem Sedimentgestein (Diagenese)

2. Haben Sie eine Vermutung, weshalb in den Sandsteinen St. Gallens dieselben Minerale vorkommen wie im Aaregranit von Posten 1?

Welche Bedeutung hat die Farbe von Sandstein?

Sandsteine können viele Farben haben. Diese kommen entweder durch die Eigenfarbe der Sand-Komponenten, durch die Farbe des Zements oder durch beides zustande. Die Farbe des Sandes hängt von dessen Zusammensetzung, also von den darin enthaltenen Mineralkörnern ab und kann Hinweise auf das Herkunftsgebiet des Sediments geben, manchmal auch auf dessen Ablagerungsgebiet. Die Farbe des Zements kann Hinweise darauf geben, unter welchen Bedingungen die Diagenese des Gesteins stattfand.

An der Stiftskirche fallen ein grünlichgrauer und ein bräunlichgrauer Sandstein besonders auf. Die farblosen bis weiss-grauen Quarzkörner, die weiss-grauen Feldspatkörner und der gelbliche Kalzit-Zement in deren Zwischenräumen können nicht der Grund für die Farbe des grünlichgrauen Sandsteins sein. Wie kommt sie also zustande? Der grünlichgraue Sandstein der St. Gallen Formation enthält zusätzlich grosse Mengen des grünen Minerals Glaukonit (Abb. 19). Dies ist ein sehr spezielles Mineral, denn es entstand nicht wie die Feldspat- und Quarzkörner durch Verwitterung prä-existierender Gesteine im Herkunftsgebiet des Sediments, es entstand vielmehr als Neubildung in dessen Ablagerungsraum. Glaukonit bildete und bildet sich auch heute noch im flachen, küstennahen Meerwasser während der Diagenese (vgl. Abb. 18) durch Umwandlung von Biotit im Sand. Dies ist ein zusätzlicher Hinweis auf die Entstehung des grünlichgrauen Sandsteins am Rand eines Meeres.



Abb. 19: Dünnschliff-Foto eines Sandsteins mit Körnern aus Quarz (Q), Feldspat (F) und Glaukonit (G) sowie mit Zement aus Kalzit (K), Vergrösserung ca. 20 x.

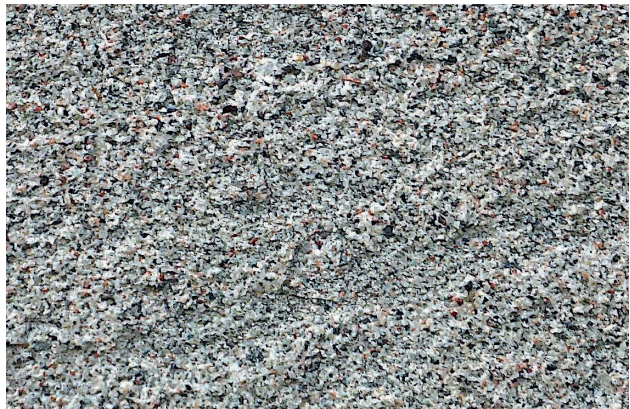


Abb. 20: bräunlichgrauer Sandstein im deutlich erkennbaren roten Körnern, die aus Feldspat bestehen.

Der bräunlichgraue Sandstein hingegen enthält neben farblosen bis weiss-grauen Quarzkörnern auch rote Feldspatkörner. (Abb. 20) Diese grosse Menge von Bruchstücken roter Feldspäte zeigt, dass es im Herkunftsgebiet des Sandes weit verbreitet Granite mit roten Feldspäten gegeben haben muss, denn nur solche Granite kommen als Ursprungsgestein dieser Feldspatkörner in Frage. An Posten 8 werden Sie ein solches Gestein kennen lernen. Jenes Gebiet, in welchem die Gesteine ursprünglich vorkamen, die nun als Verwitterungs- und Erosionsprodukte in Form von Sandsteinen und Konglomeraten am Nordrand der Alpen abgelagert wurden, kann dadurch aber leider nicht eingegrenzt werden, denn bekannte Vorkommen roter Granite gibt es heute nördlich der damaligen Hauptwasserscheide (vgl. Abb. 16) keine mehr, offenbar wurden sie vollständig wegerodiert.

3. Kommentieren Sie die Aussage: Sandstein ist ein Hinweis auf ein ehemals starkes Relief, selbst wenn heute kein Gebirge mehr zu sehen ist.

¹ Der Begriff Molasse wurde 1779 von Horace-Bénédict de Saussure in die wissenschaftliche Literatur eingeführt. Er leitet sich womöglich vom gleichlautenden französisch-schweizerischen Wort für „sehr weich“ ab. Dieses wurde bereits im 14. Jahrhundert verwendet und geht seinerseits auf das lateinische Wort „mollis“ für „weich, mild“ zurück. In der Westschweiz wurden auch Sandsteine als Molasse bezeichnet, aus denen man Mühlsteine (lateinisch: „mola“) herstellen konnte. Heute wird der Begriff weltweit für Sedimente verwendet, die sich überwiegend im Vorland eines sich hebenden Gebirges ablagern und aus dessen Erosionsmaterial bestehen.

² Gebiete, in welchen alles Wasser in denselben Fluss fliesst.