

Posten 3: Münster

Buntsandstein - von Flüssen in der Wüste

An diesem Posten lernst du den auffälligen, roten Buntsandstein kennen. Das Gestein wurde in Basel nicht nur zum Bau des Münsters verwendet, auch diverse andere Kirchen, die Stadttore, öffentliche Gebäude und viele Wohnhäuser sind daraus gebaut. In der Schweiz findet man jedoch keinen Buntsandstein an der Erdoberfläche.

Wir werden uns mit folgenden Fragen beschäftigen:

- Wie entstand Buntsandstein?
- Wie sah die Landschaft damals aus?
- Wieso ist der Buntsandstein rot?

Wenn du genau hinschaust, kannst du an der Fassade des Basler Münsters und an seinen Türmen drei unterschiedliche Typen von Sandstein unterscheiden.

Findest du die drei Typen? Kannst du sie in der Abbildung unten (Ausschnitt aus der Fassade) einzeichnen?



Das Basler Münster mit seinen zwei Türmen, dem Georgsturm (links) und dem Martinsturm (rechts).

Was fällt dir auf, wenn du mit der Hand über das Gestein fährst? Worin unterscheidet sich der Sandstein vom Kalkstein, den du an Posten 2 kennengelernt hast?

Sandsteine bestehen, wie der Name sagt, aus Sand. Es gibt grobe Sandsteine, aber auch sehr feine. In den groben Sandsteinen sind die Sandkörner leicht von Auge zu sehen, man nennt dies **grobkörnig**. Wo man die Sandkörner nur noch knapp von Auge erkennen kann, sind sie etwa einen halben Millimeter gross, oft sind sie jedoch auch nur 1/10 mm gross, sodass von Auge kaum einzelne Körner unterschieden werden können. Das wird als **feinkörnig** bezeichnet. Die Sandsteine sind eine sehr farbenfrohe Gruppe von Gesteinen. Neben grauen und weissen Sandsteinen gibt es rote, braune, gelbe, grüne, bläuliche und mehrfarbige Sandsteine. Sie alle verraten sich durch eine Oberfläche, die sich sandig anfühlt und von der sich beim Berühren Sandkörner lösen können.



Grüner Sandstein, Berner Münster.

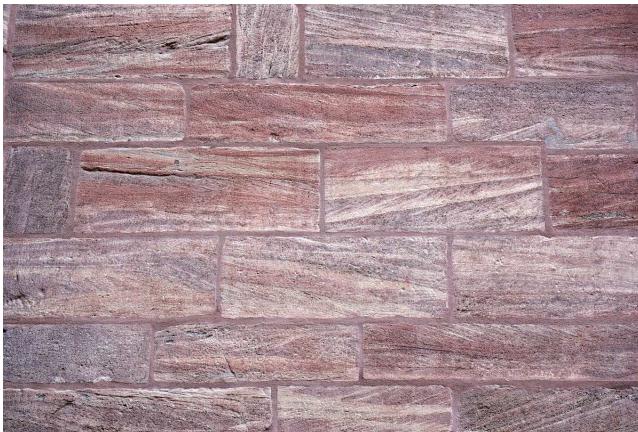


Gelber Sandstein, Gymnasium St. Leonhard, Basel



Rot-blauer Sandstein, Petra, Jordanien.

Am Basler Münster gibt es weisse, dunkelrote und weiss-rot-rosa gestreifte Sandsteine. Die weissen und die weiss-rot-rosa gestreiften sind grobkörnig, die dunkelroten feinkörnig. Die weissen Sandsteine stammen aus einer anderen Erdzeit und von einem anderen Ort als die dunkelroten und die weiss-rosa gestreiften. An diesem Posten wollen wir uns nur mit den dunkelroten und den weiss-rot-rosa gestreiften Sandsteinen befassen, die zum sog. **Buntsandstein** gehören. Wieso am Basler Münster so viele Sandsteinsorten nebeneinander verwendet wurden, erfährst du später in ergänzenden Beilagen zu Posten 3.



Der grobkörnige, weiss-rot-rosa gestreifte Sandstein wurde am Basler Münster vor allem zum Bau der Mauern verwendet.



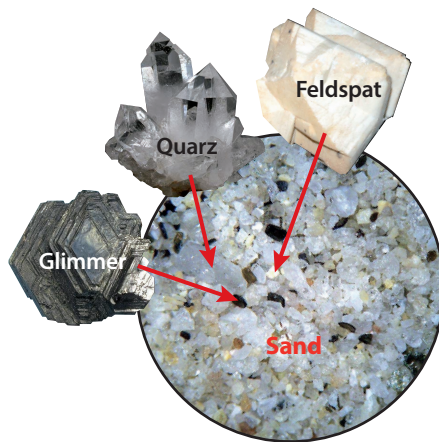
Der feinkörnige, dunkelrote Sandstein wurde vor allem für feine Skulpturen verwendet. Er ist weicher und kann leichter mit Werkzeugen bearbeitet werden als der weiss-rot-rosa gestreifte.



Welche Geschichten erzählt uns der Buntsandstein?

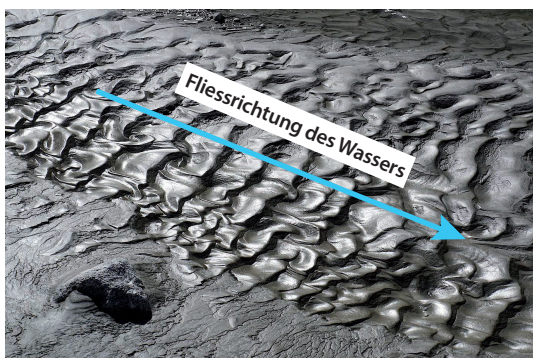
Mittlerweile ist dir sicher schon aufgefallen, welche Geschichten die Gesteine am besten erzählen können: jene ihrer eigenen Entstehung. Das ist auch beim Buntsandstein nicht anders.

Sand ist das Resultat der Zerkleinerung von Gesteinen durch die Einflüsse zerstörerischer Kräfte, der sogenannten Verwitterung. Durch Kälte, Hitze, Eis und Wasser wird Gestein zerkleinert. Bäche und Flüsse reissen Gesteinsbrocken mit, diese schlagen im Wasser gegeneinander 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 härtesten sind, haben die grössten Chancen, diese zerstörerische Reise zu überstehen. Es wundert deshalb nicht, dass der Buntsandstein hauptsächlich aus dem Mineral **Quarz** besteht, denn dieses ist sehr hart. Wir werden dem Quarz in dem sehr harten Gestein namens Granit an Posten 6 nochmals begegnen. Auch Sandkörner aus Feldspat kommen im Buntsandstein häufig vor. Das Mineral Feldspat ist zwar etwas weicher als Quarz, es ist aber in vielen Gesteinen in derart grossen Mengen vorhanden, dass nach der Verwitterung immer ein Teil davon übrig bleibt. Die wenigen dunklen Körnchen sind Glimmer.

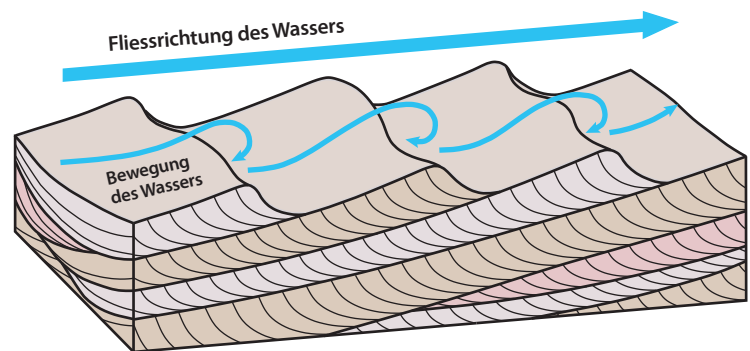


Die drei wichtigsten Bestandteile des Sandes.

Davon ist im Buntsandstein nur sehr wenig zu finden, er ist zu weich und wurde fast vollständig zerrieben. Der Buntsandstein besteht also aus Mineralkörnern, die irgendwo schon einmal Teil eines Gesteins waren, zerkleinert, von Flüssen transportiert und danach abgelagert wurden. Wie können wir uns die Umwelt damals vorstellen? Hier helfen uns die Art der Schichtung im Sandstein und die Grösse der Sandkörner, eine Antwort zu finden: Werden Partikel wie z.B. Sandkörner in einem stehenden Gewässer wie einem See oder Meer abgelagert, entstehen horizontale Schichten, so wie dies auf S. 2 von Posten 2 für den Solothurner Kalkstein dargestellt ist. Die meisten Mauersteine aus weiss-rot-rosa gestreiftem Buntsandstein hingegen zeigen eine stark ausgeprägte schräge Schichtung, man nennt dies in der Fachsprache **Schrägschichtung**. Solche ausgeprägten Schrägschichtungen entstehen, wenn Sandkörner in fließendem Wasser in einem träge dahin fließenden Fluss oder in einem Flussdelta abgelagert werden. Die dunkelroten Sandsteine sind meist horizontal geschichtet oder zeigen nur eine schwach ausgeprägte Schrägschichtung. Dies deutet darauf hin, dass sie in einem stehenden Gewässer oder an einem Strand abgelagert wurden. Auch die Grösse der Sandkörner gibt uns einen Hinweis auf den Ort der Ablagerung des Sandsteins. Um groben Sand in einem Fluss zu transportieren, muss das Wasser schneller fließen, für feinen Sand reicht eine geringe Fließgeschwindigkeit.



In bewegtem Wasser, hier in einem kleinen, langsam fließenden Fluss, wird der Sand durch die Bewegung des Wassers zu kleinen Kämmen aufgehäuft, ähnlich den Dünen in einer Wüste. Diese werden Wellenrippeln genannt.



Querschnitt durch Wellenrippeln. Der Sand wird in schrägen Schichten, der sogenannten Schrägschichtung abgelagert, welche durch die unruhige (turbulente) Bewegung des Wassers entsteht.



Grobkörniger, weiss-rot-rosa gestreifter Sandstein mit stark ausgeprägter Schrägschichtung.



Feinkörniger, dunkelroter Sandstein mit schwach ausgeprägter Schrägschichtung.

Wie sah Europa zur Zeit des Buntsandsteins aus?

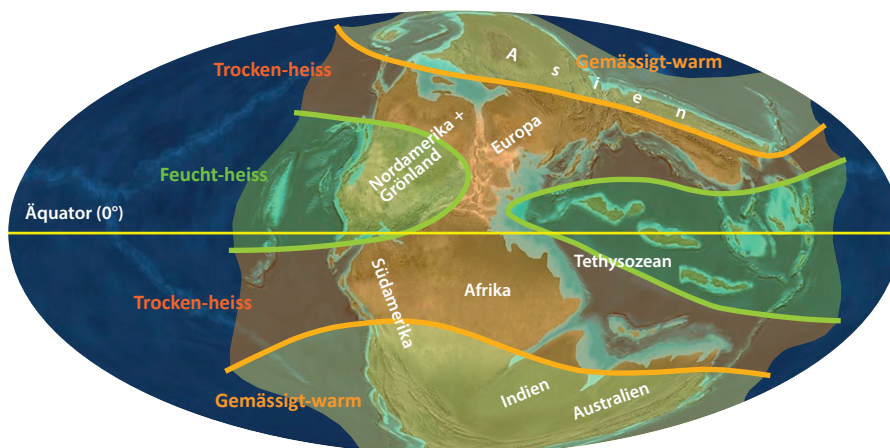
Wir wissen bereits, dass der Buntsandstein in Flüssen oder an Stränden entstand. Sein Entstehungsgebiet erstreckt sich von der Nordschweiz, wo er allerdings unter jüngeren Gesteinsschichten versteckt ist, bis zur norddeutschen Insel Helgoland. Dabei bedeckt er grosse Gebiete Deutschlands (siehe Ergänzung 1 zu Posten 3). Zu jener Zeit vor ca. 245 Millionen Jahren, als der Buntsandstein entstand, war Europa demnach nicht von einem grossen stehenden Gewässer – also einem Meer – bedeckt, wie dies zur Zeit der Entstehung des Solothurner Kalksteins der Fall war. Die Region des heutigen Deutschland und die Nordschweiz müssen damals aus mehrheitlich flachem Festland bestanden haben. Dieses wird **Germanisches Becken** genannt (Abb. S. 5). Das Germanische Becken war von unzähligen Flüssen durchzogen, welche Sand mit sich trugen. Diese Flüsse erreichten nie ein Meer, sie versickerten oder verdunsteten in abflusslosen Senken. Manchmal entstanden für kurze Zeit auch flache, salzreiche Seen, die jedoch schnell wieder austrockneten. Der Sand, den die Flüsse mittrugen, entstand durch die Verwitterung uralter Gebirge, die bereits lange vor den Alpen in Mitteleuropa existierten. Der Überrest eines dieser Gebirge ist der Schwarzwald, dessen höchste Erhebung, der Feldberg, heute eine Höhe von 1493 Metern ü. M. erreicht.

Das Klima zur Zeit des Buntsandsteins

Als der Buntsandstein abgelagert wurde, war das Klima in Europa sehr viel wärmer und trockener als heute. Niederschläge fielen vor allem in einigen wenigen Gebirgen. Flüsse trugen das Wasser aus den Gebirgen in trockene, wüstenhafte Senken, wo es verdunstete. Entstand einmal ein See, war er salzig und trocknete bald wieder aus. Die Gründe für das warme, trockene Klima in Mitteleuropa waren:

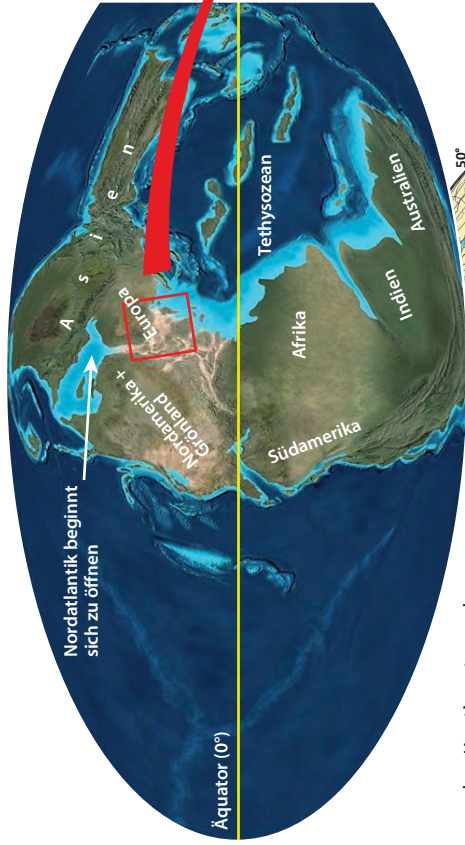
- Jene Teile der Urkontinente, welche später zu Mitteleuropa werden sollten, befanden sich viel weiter südlich als heute, am Rand der Tropen (siehe Abb. S. 5).
- Alle Kontinente bildeten damals eine grosse, zusammenhängende Landmasse. Auf grossen Landmassen ist das Klima trockener und heisser, da die Luftfeuchtigkeit, die über den Meeren entsteht, nicht oder nur selten bis tief ins Landesinnere vordringen kann (Abb. unten). Heute ist dies z.B. in Zentralasien der Fall.
- Vor 270 bis 250 Mio. Jahren stieg der CO_2 -Gehalt der Atmosphäre innerhalb von zwanzig Millionen Jahren auf 0.4-0.5%, das sind 10 bis 12 Mal mehr als heute. Dies führte zu einer Erhöhung der Lufttemperatur.

Die Erhöhung des CO_2 -Gehaltes der Atmosphäre wird mit der Entwicklung der Tierwelt auf dem Land in Verbindung gebracht, welche durch Atmung Sauerstoff in CO_2 umwandelte. Gleichzeitig entwickelten sich auch grosse Mengen von Pilzen und Bakterien, die vom Abbau toter Lebewesen lebten und dabei ebenfalls grosse Mengen an CO_2 produzierten. Auch häufige und heftige Vulkanausbrüche spielten eine Rolle, denn durch Vulkane gelangen grosse Mengen an Gasen in die Atmosphäre, unter anderem auch CO_2 .

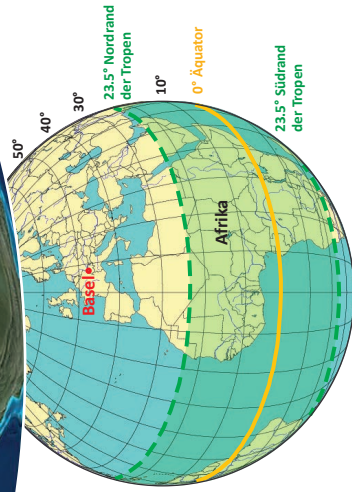


So etwa könnten die Klimazonen vor 240 Millionen Jahren auf der Erde verteilt gewesen sein.

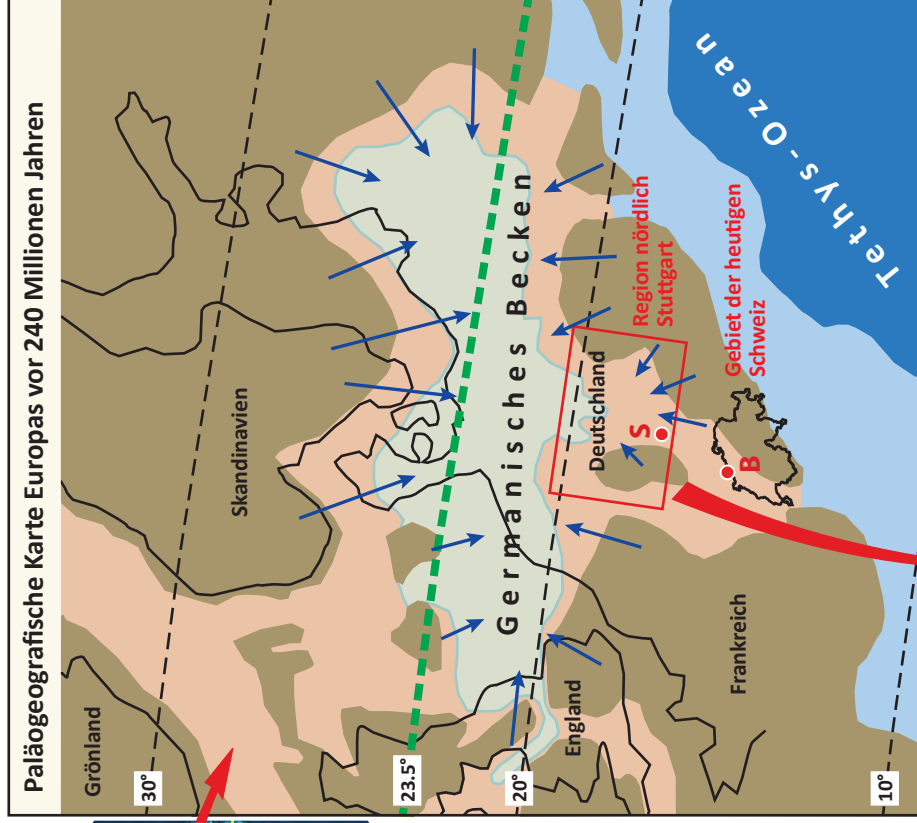
An den Ufern der Flüsse und Seen wuchs eine spärliche Vegetation in der Wüstenlandschaft, die von Landtieren wie dem Ligosuchus, einem Vorfahr der Dinosaurier, bewohnt wurde (Abb. S. 6). Ligosuchus wurde nur ca. 30 cm lang. Spuren seiner Fussabdrücke, die im Buntsandstein gefunden wurden, legen nahe, dass er beim Rennen Haken schlagen konnte wie ein Hase.



Lage der Kontinente und Meere auf der Erde vor ca. 240 Millionen Jahren.

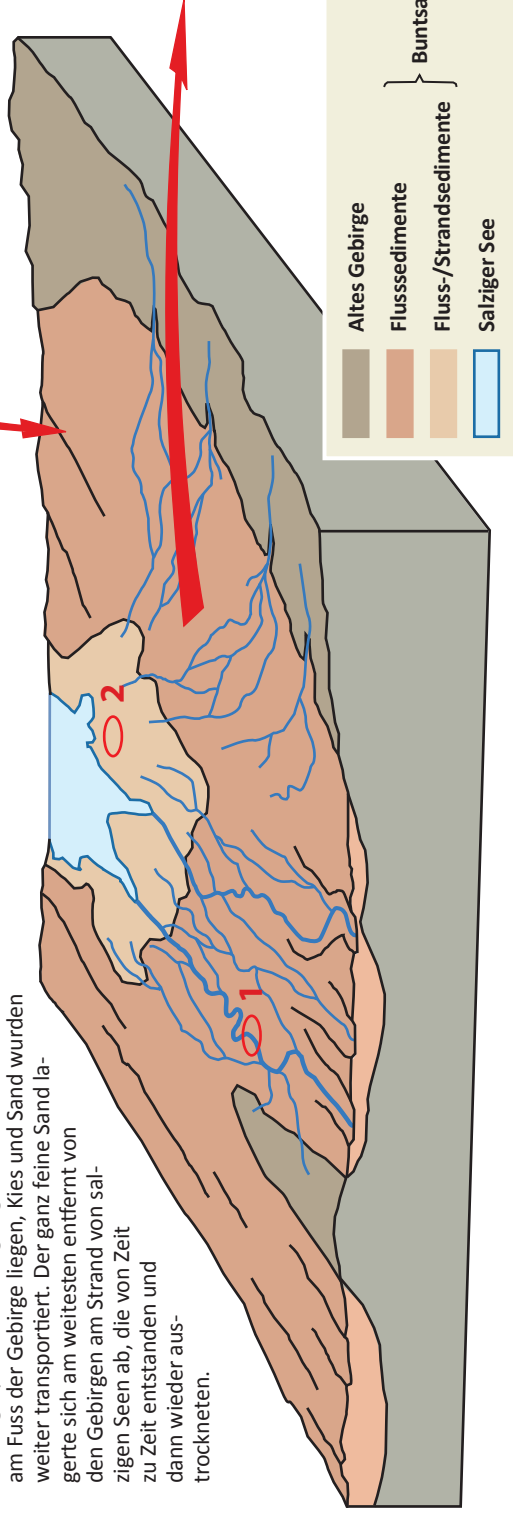


Lage der Kontinente heute.

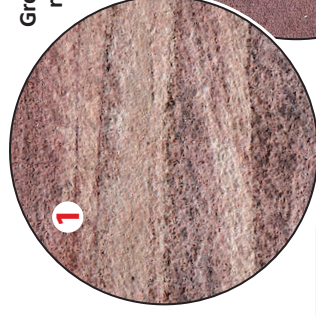


Eine paläogeografische Karte hast du bereits an Posten 2 kennengelernt. Sie zeigt Lage und Form der Kontinente und Meere in vergangenen Erdzeiten. Diese können aufgrund der Geschichten rekonstruiert werden, welche die Gesteine erzählen. Für die Zeit von 240 Mio. Jahren ist die Lage einiger Küsten Europas mit schwarzen Linien angedeutet. Jene Gebiete, die später zu Italien, dem Balkan oder Griechenland werden, existierten vor 240 Mio. Jahren noch nicht.

So könnte die Region nördlich Stuttgart vor 240 Millionen Jahren ausgesehen haben. Alte Gebirge verwitterten und zerfielen dabei zu Geröll, Kies und Sand. Diese Produkte der Verwitterung wurden von Flüssen in eine abflusslose Senke gespült, wo sie abgelagert wurden. Das Geröll blieb am Fuss der Gebirge liegen, Kies und Sand wurden weiter transportiert. Der ganz feine Sand lagerte sich am weitesten entfernt von den Gebirgen am Strand von salzigen Seen ab, die von Zeit zu Zeit entstanden und dann wieder austrockneten.



Grobkörniger, weiss-rot-rosa gestreifter Buntsandstein



Feinkörniger, dunkelroter Buntsandstein



Lagosuchus in einer spärlichen Vegetation aus ca. 2 Meter hohen Bärlappgewächsen, deren kleine Blätter eine Anpassung an das trocken-heisse Klima war. Pflanzen verlieren dadurch weniger Flüssigkeit durch Verdunstung.

Illustration von C. Joachim, Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart.

Die rote Farbe des Buntsandsteins

Körner aus Quarz und Feldspat, die Hauptbestandteile des Buntsandsteins, sind mehrheitlich weiss oder grau. Die rote Farbe des Gesteins muss also eine andere Ursache haben. Bei der Verwitterung aller Arten von Gesteinen wird Eisen freigesetzt, welches sich mit Sauerstoff zu rotem Eisenoxid verbindet. Dieses Eisenoxid bildet einen dünnen roten Belag um die Sandkörner herum, teilweise sammelte es sich auch in den Zwischenräumen zwischen den Sandkörnern und trägt dazu bei, diese zusammen zu halten.

Wie wird aus Sand und Kies festes Gestein?

Wird in einem Fluss oder an einem Strand Sand abgelagert, entstehen zuerst lockere Sandablagerungen. Damit daraus ein festes Gestein wird, müssen sich die Sandkörner miteinander verbinden. Dieser Vorgang heisst Diagenese.

Wie schon im Fall des Solothurner Kalksteins erläutert, werden auch die Sandschichten durch jede weitere Schicht, die sich darüber abgelagert, in die Tiefe gedrückt. Dadurch werden die Sandkörner 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 Sandkörner miteinander verbinden. Dadurch entsteht ein festes Gestein. Wird das Gestein noch weiter in die Tiefe gedrückt, können die Sandkörner so stark zusammengepresst werden, dass sie sich auflösen beginnen und fest miteinander verschweisst werden. Solcher Sandstein ist besonders hart.

