

**Posten 10: Pfalzgasse-Strehlgasse****Buntsandstein - von Flüssen in der Wüste**

An diesem Posten lernen Sie den auffälligen, roten Buntsandstein kennen, der diesem Platz seinen unverwechselbaren Charakter verleiht.

Wir werden uns mit folgenden Fragen beschäftigen:

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

Ab den 1960-er Jahren wurde Buntsandstein in der Schweiz häufig als Pflasterstein eingesetzt, mittlerweile sind allerdings die meisten dieser Strassenbeläge wieder verschwunden. Dies vermutlich deshalb, weil die Steinbrüche im Elsass (Frankreich) nahe Basel, in welchen das Gestein gewonnen wurde, längst geschlossen sind. Müssen die Beläge repariert werden, sind keine Ersatzsteine mehr erhältlich.

Die Sandsteine sind, wie Ihnen mittlerweile sicher schon aufgefallen ist, eine sehr farbenfrohe Gruppe von Gesteinen. Neben grauen und weissen Sandsteinen gibt es rote, braune, gelbe, grünliche, bläuliche und mehrfarbige Sandsteine (Abb. 2). Sie alle vertragen sich durch eine sandige Struktur, die feiner oder gröber, fest oder porös sein kann und eine Oberfläche, die sich immer sandig anfühlt.



**Abb. 1:** Pflastersteine aus Buntsandstein in der Strehlgasse



Grünlicher und bräunlicher Sandstein, Zürcher Rathaus



Gelber Sandstein, St. Leonhard, Basel



Rot-blauer Sandstein, Petra, Jordanien

**Abb. 2:** Verschiedenfarbige Sandsteine

**Welche Geschichten erzählt uns der Buntsandstein?**

Die Entstehung von Sandstein wurde bereits an Posten 3 eingehend erläutert. Wie jeder Sandstein besteht auch der rote Buntsandstein aus mehr oder weniger weit transportiertem Ablagerungsmaterial, das durch die vorgängige Verwitterung von Gesteinen in Gebirgen entstanden war. Im Fall des Buntsandsteins existieren diese Gebirge heute kaum oder gar nicht mehr. Was aber unterscheidet den Sandstein in der Pfalz- und Strehlgasse von den anderen Sandsteinen, die Sie bisher kennengelernt haben? Im Gegensatz zu jenen Sandsteinen, aus welchen viele Gebäude in Zürich gebaut wurden (vgl. Posten 3 und 5), muss ein Sandstein, der sich als Pflasterstein eignet, viel widerstandsfähiger sein (vgl. auch Posten 6). Er darf nicht porös sein, sodass kein Wasser in Poren eindringen kann und er muss hart und zäh sein. Der Buntsand-



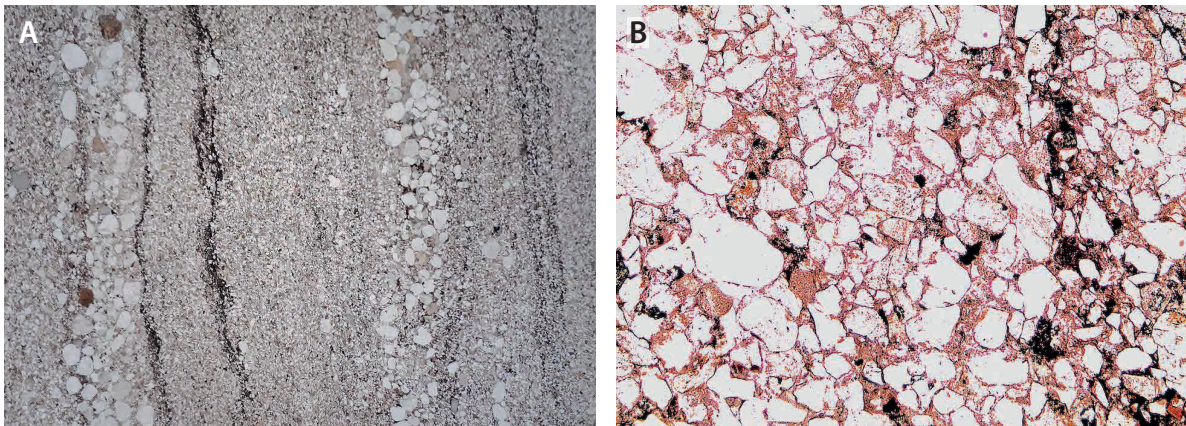


Abb. 3: Dünnschliff eines Buntsandsteines, A ca. 10 x vergrößert, B ca. 40 x vergrößert (rot: Hämatit,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

stein erreicht dies, indem er fast ausschliesslich aus harten Quarzkörnern besteht, die durch besonders grosse Belastung durch überlagernde Schichten ausserordentlich fest miteinander verbunden sind (Abb. 3). Weichere Minerale wie Feldspat und Glimmer, die z. B. in den Sandsteinen von Posten 3, 5 und 6 (vgl. Posten 3, Abb. 3 und 10) in grösserer Menge vorhanden sind, fehlen fast ganz.

1. Ist der sehr quarzreiche Buntsandstein im Vergleich zu den Sandsteinen von Posten 3 und 6 eher weiter oder eher weniger weit transportiert worden? Erläutern Sie.

Werden Partikel wie Schalen toter Organismen oder Sandkörner in einem stehenden Gewässer wie einem See oder Meer abgelagert, entstehen horizontale Schichten, so wie Sie dies bei Posten 2 für den Solothurner Kalkstein kennen gelernt haben. Viele Pflastersteine aus Buntsandstein hingegen zeigen – wie auch die Sandsteine der Posten 3 und 5 – eine **Schrägschichtung** (Abb. 4). Finden Sie selbst solche Pflastersteine in der Pfalz- und Strehlgasse?

Schrägschichtungen entstehen, wenn Sandkörner in fliessendem Wasser, in einem träge dahin fliessenden Fluss oder in einem Flussdelta abgelagert werden (Abb. 5). Um groben Sand oder Kies in einem Fluss zu transportieren, muss das Wasser schneller fließen, für feinen Sand reicht eine geringe Fließgeschwindigkeit.

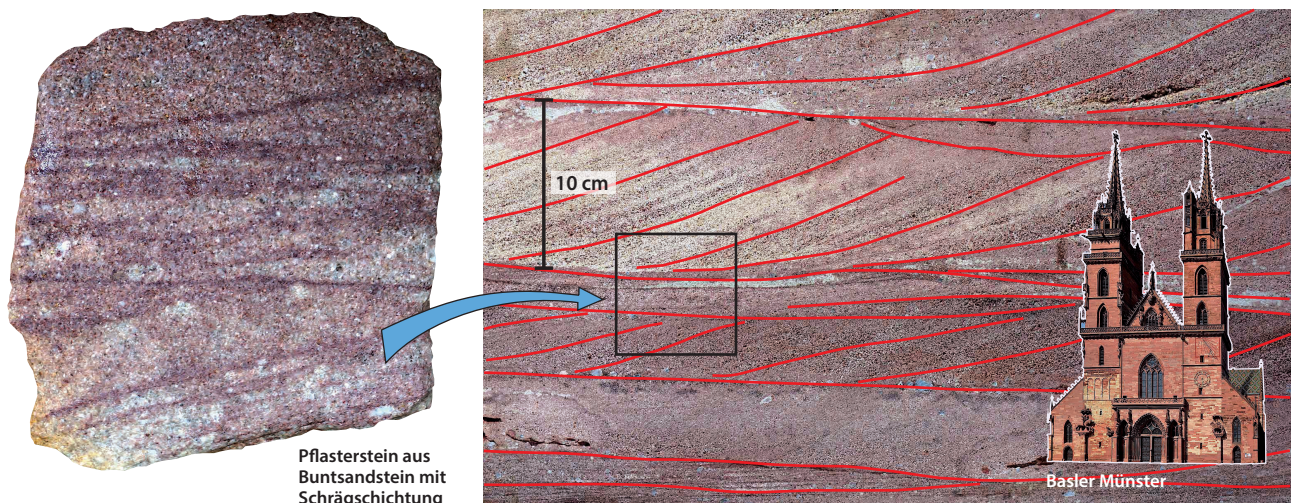
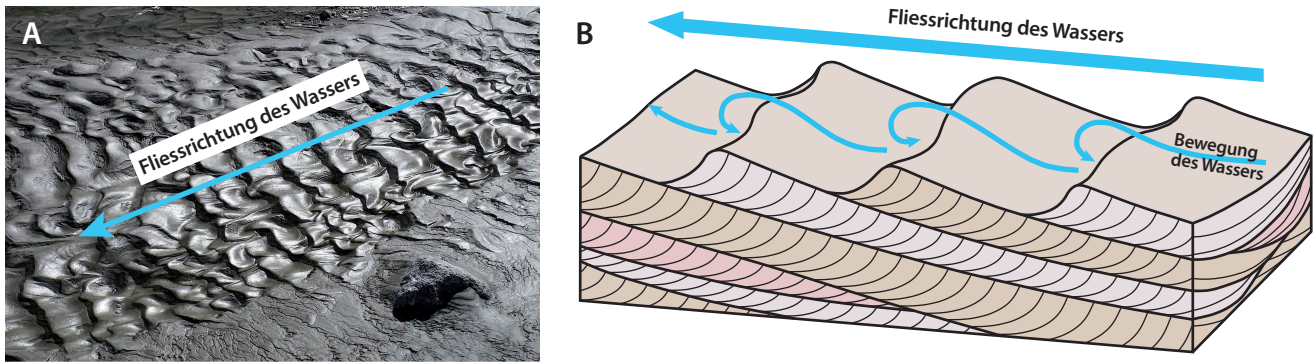


Abb. 4: So könnte der Buntsandstein im Steinbruch ausgesehen haben, aus dem die Pflastersteine in der Pfalz- und Strehlgasse gewonnen wurden. Die Schrägschichtung ist mit roten Linien verdeutlicht. Dieses Beispiel stammt vom Basler Münster, das fast ganz aus Buntsandstein gebaut wurde (vgl. Ergänzung 2 zu Posten 10).





**Abb. 5A:** 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.

**Abb. 5B:** Querschnitt durch Wellenrippeln. Der Sand wird in schrägen Schichten, der sogenannten Schrägschichtung, abgelagert, welche durch die unruhige (turbulente) Bewegung des Wassers entsteht.

### Wie sah Europa aus zu jener Zeit, als der Buntsandstein abgelagert wurde?

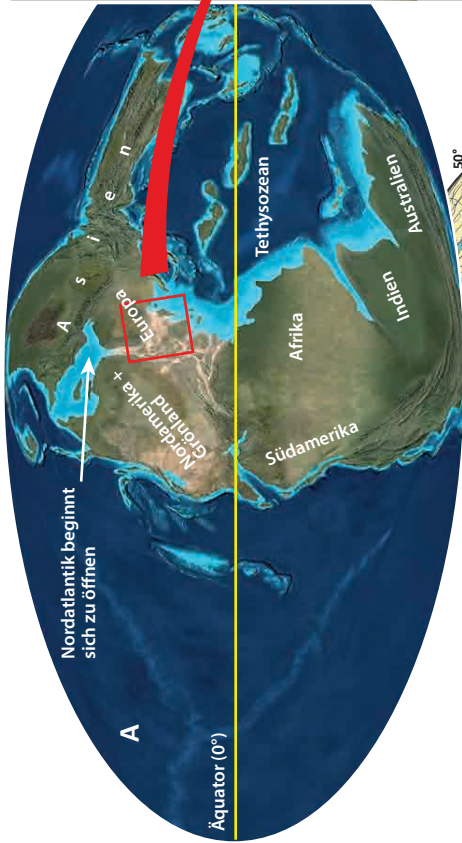
Sie wissen bereits, dass der Buntsandstein in Flüssen oder Flussdeltas entstand. Sein Entstehungsgebiet erstreckt sich von der Nordschweiz, wo er allerdings unter jüngeren Gesteinsschichten versteckt ist, westwärts nach Frankreich und nordwärts bis zur norddeutschen Insel Helgoland. Dabei bedeckt er grosse Gebiete Deutschlands (siehe Ergänzung 2 zu Posten 10). Zu jener Zeit vor ca. 251-243 Millionen Jahren, als der Buntsandstein entstand, konnte Europa demnach nicht von einem Meer bedeckt gewesen sein, wie dies z. B. zur Zeit der Entstehung des Solothurner Kalksteins oder des Kalkooliths von Posten 2 der Fall war. Die Region des heutigen Deutschlands, der Osten Frankreichs und die Nordschweiz müssen damals aus mehrheitlich flachem Festland bestanden haben, das in der Geologie **Germanisches Becken** genannt wird (Abb. 6). Das Germanische Becken war von unzähligen Flüssen durchzogen, die Sand mit sich trugen. Diese Flüsse erreichten nie ein Meer, sie versickerten oder verdunsteten in abflusslosen Senken, wie man das noch heute in grossen Binnenwüsten wie der Sahara, der Takla Makan oder der Gobi beobachten kann. 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 nordöstlich des Rheins bei Basel, der einst fast völlig aberodiert gewesen war und erst in der jüngeren Erdgeschichte nochmals angehoben wurde (heute ist der Feldberg mit 1493 Meter ü. M. die höchste Erhebung).

### Die rote Farbe, ein Hinweis auf das Klima zur Zeit des Buntsandsteins

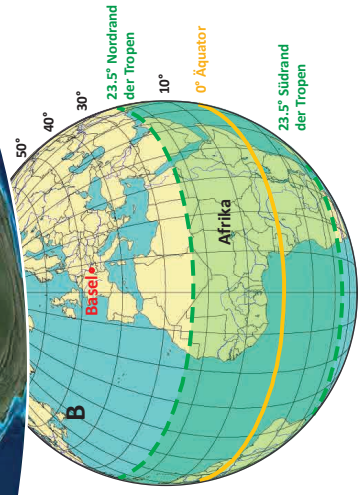
Von Posten 4 wissen Sie bereits, dass die rote Farbe von Sedimentgesteinen auf wechselfeuchte Klimate und einen hohen Sauerstoffgehalt in der Atmosphäre hindeuten, wodurch elementares Eisen bevorzugt zu rotem  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Hämatit) oxidierte (Abb. 3). Dies gilt auch für den Buntsandstein. Der Hämatit bildet einen dünnen, roten Belag um die Sandkörner herum, teilweise sammelte er sich auch in den Zwischenräumen zwischen den Sandkörnern (Abb. 3B) und trägt dazu bei, diese zusammen zu halten.

Als der Buntsandstein abgelagert wurde, war das Klima in Europa wärmer und trockener als heute. Niederschläge fielen vor allem in höheren Lagen in den 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 sind vielfältig:

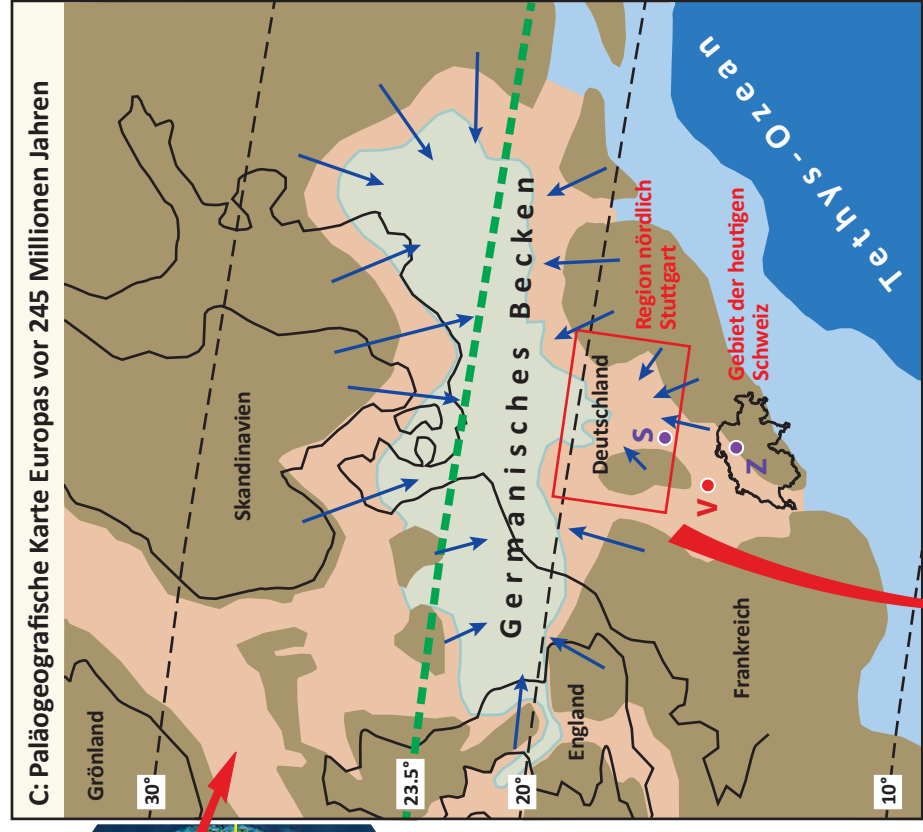
- Jene Teile der Urkontinente, die später zu Mitteleuropa werden sollten, befanden sich viel weiter südlich als heute, am Rand der Tropen (Abb. 6A).
- Alle Kontinente bildeten damals eine grosse, zusammenhängende Landmasse. Auf grossen Landmassen ist das Klima trockener und heisser, da die Luftfeuchtigkeit, die über den Meeren entsteht, nicht oder nur selten bis tief ins Landesinnere vordringen kann (Abb. 7). Heute ist dies z.B. in Zentralasien der Fall.
- Vor 270 bis 250 Mio. Jahren stieg der  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Atmosphäre innerhalb von zwanzig Millionen Jahren – vermutlich durch die Atmung von Organismen und starken Vulkanismus – auf 0.4-0.5%, das sind 10 bis 12 Mal mehr als heute. Dies führte zu einer Erhöhung der Lufttemperatur.



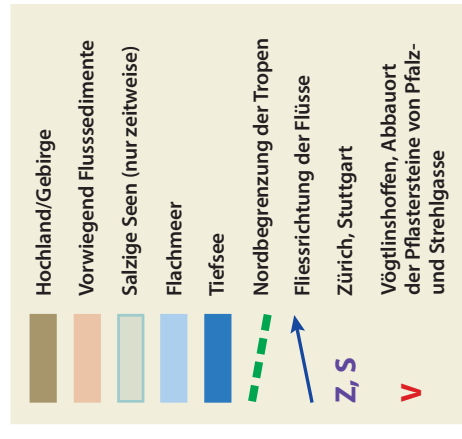
**Abb. 6A:** Lage der Kontinente und Meere auf der Erde vor ca. 245 Millionen Jahren



**Abb. 6B:** Lage der Kontinente heute

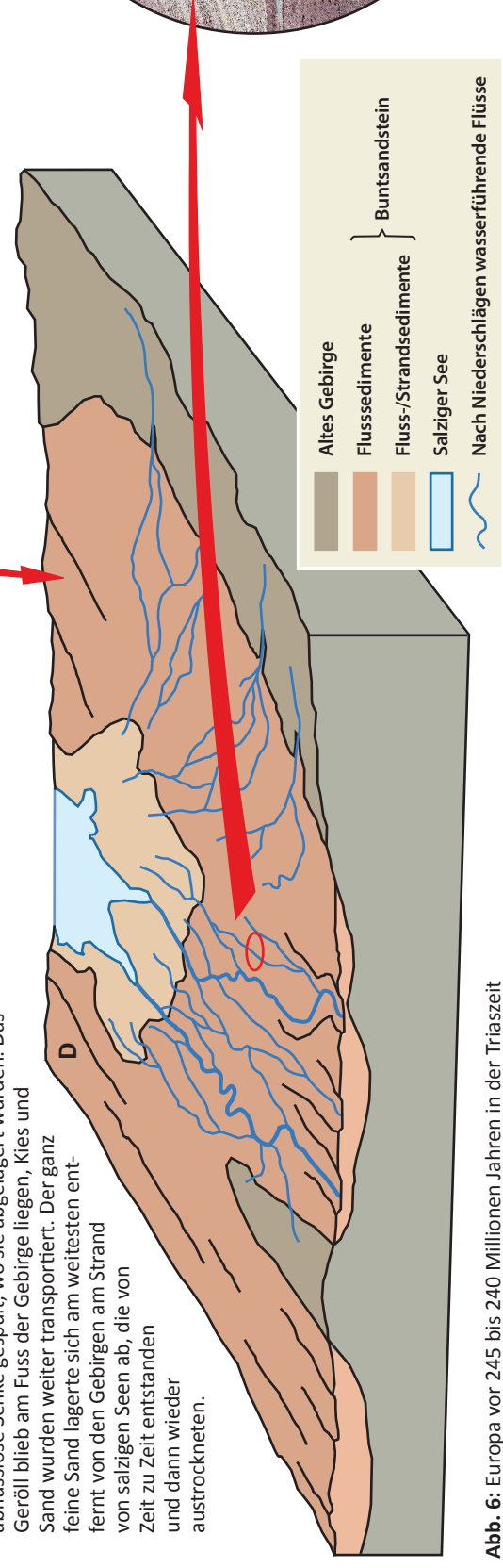


**C: Paläogeografische Karte Europas vor 245 Millionen Jahren**

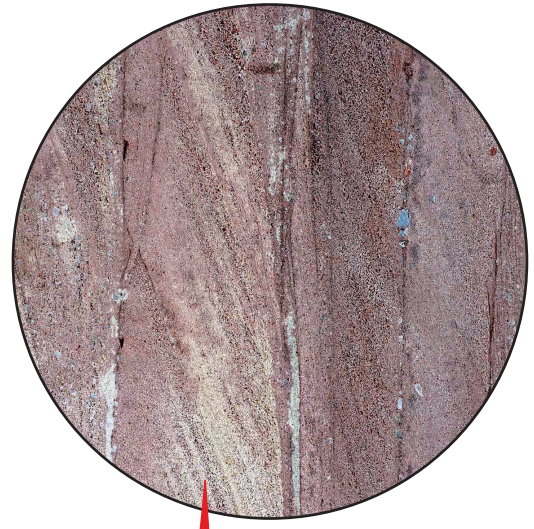


**Abb. 6C:** Eine paläogeografische Karte haben Sie bereits an Posten 2 kennengelernt. Sie zeigt Lage und Form der Kontinente und Meere in vergangenen Erdzeiten. Diese können aufgrund der Geschichten rekonstruiert werden, welche die Gesteine erzählen. Für die Zeit von 245 Mio. Jahren ist die Lage einiger Küsten Europas mit schwarzen Linien angedeutet. Jene Gebiete, die später zu Italien, dem Balkan oder Griechenland werden, existierten vor 240 Mio. Jahren noch nicht.

**Abb. 6D:** So könnte die Region nördlich Stuttgart vor 245 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.



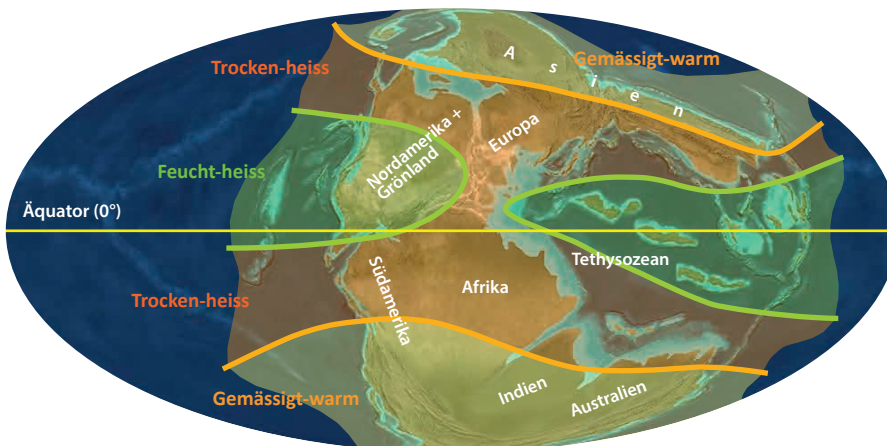
**Abb. 6:** Europa vor 245 bis 240 Millionen Jahren in der Triaszeit





2. Erinnern Sie sich, wie an Posten 4 der Anstieg des  $\text{CO}_2$ -Gehaltes in der Atmosphäre erklärt wurde?

- 
- 
- 



**Abb. 7:** So etwa könnten die Klimazonen vor 245 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 Lagosuchus, einem Vorfahr der Dinosaurier, bewohnt wurde (Abb. 8). Lagosuchus 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.



**Abb. 8:** Lagosuchus in einer spärlichen Vegetation aus ca. 2 Meter hohen Bärlappgewächsen, deren kleine Blätter eine Anpassung an das trocken-heisse Klima waren. Pflanzen verlieren dadurch weniger Flüssigkeit durch Verdunstung (Illustration C. Joachim, Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart).

### Wieso sind die Buntsandstein-Pflastersteine aus dem Elsass so hart?

Im Vergleich zu den Molassesandsteinen von Posten 3 und 5 besteht der Buntsandstein aus dem Elsass fast ausschliesslich aus harten Quarzkörnern, die weichen Felspat- und Glimmerkörner fehlen weitgehend. Er ist auch dichter, das heisst er hat kaum Poren, die Wasser aufsaugen können, was zu Abplatzungen führen kann (siehe Ergänzung 2 zu Posten 11). Zusätzlich ist die Verbindung der Sandkörner stabiler. Anstelle einer weichen, verwitterungsanfälligen Zementierung durch Kalzitkristalle in den Poren zwischen den Sandkörnern (vgl. Posten 3, Abb. 9), wurden die Sandkörner so stark zusammengepresst, dass sie sich randlich aufzulösen begannen und fest miteinander verwuchsen (Abb. 9). Dies ist nur möglich, weil das Gestein durch die Überlast vieler hunderte oder sogar tausende Meter mächtiger, weiterer Schichtenstapel, die sich darüber ablagerten, weit in die Tiefe gedrückt wurde. Solcher Sandstein ist besonders hart. Im Fall des Buntsandsteins kristallisierte noch zusätzlich das rote Mineral Hämatit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) zwischen den Sandkörnern aus.

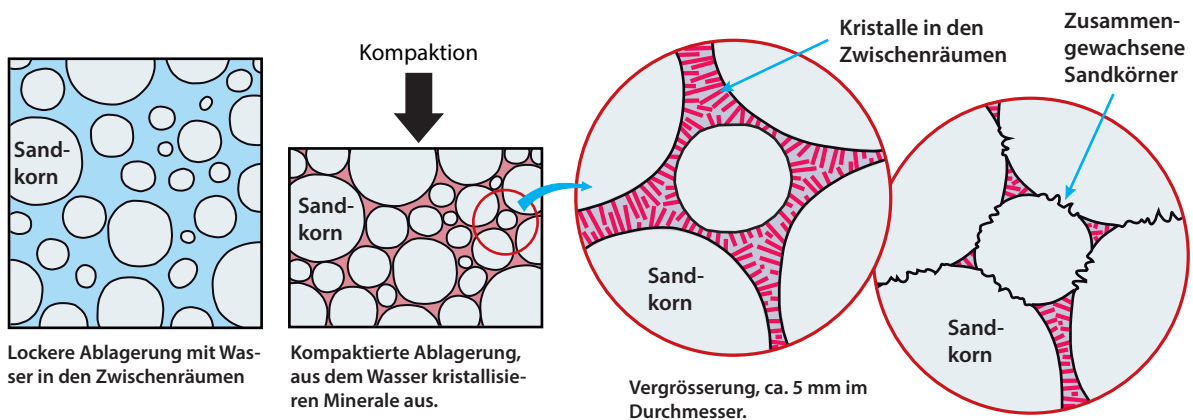


Abb. 9: Kompaktion und Zementation lockerer Sandablagerungen zu einem harten Sandstein

### 3. Vergleichen Sie die Ablagerung des Buntsandsteins mit jener des Solothurner Kalksteins.

**Buntsandstein:**

**Kalkstein:**

### 4. a) Wieso ist der Buntsandstein rot?

b) Was lässt sich aus der Rotfärbung von Sedimentgesteinen allgemein schliessen?

**5.** Welche Aussagen sind korrekt?

- a) Sandstein wird immer am Strand eines Meeres abgelagert.
- b) Je höher der Anteil an Quarz im Sandstein, desto grösser war die Transportdistanz des Sandes.
- c) Je besser gerundet die Körner im Sandstein sind, desto weniger weit wurde der Sand transportiert.

☐☐☐**6.** a) Weshalb deutet Sandstein, der vorwiegend aus Quarz besteht, mit hoher Wahrscheinlichkeit auf das Vorhandensein von Landmassen über dem Meeresspiegel und ein Relief (Gebirge) hin, selbst wenn davon nichts mehr übrig ist?

b) Wie, wenn nicht im Wasser, könnte Sandstein sonst noch entstehen?