

Wieviel rote Farbe ist im Pfälzer Sandstein?

Wenn man beim Feierabendkaffee das satte Tiefrot der Klosterwand im Sonnenuntergang auf sich wirken lässt, dann sollte man meinen, es sei eine ganze Menge roter Farbe. Aber ist das wirklich so? Schauen wir uns das Gestein doch einmal aus einer Perspektive an, die man im Hausgebrauch nicht unbedingt zu sehen bekommt: Unter dem Mikroskop. Der Gesteinsdünnschliff bringt es an den Tag: Hauchdünne Häutchen von Eisenoxid - in diesem Fall das Mineral *Hämatit* (Fe_2O_3), die sich auf die Oberfläche der einzelnen Sandkörner gelegt haben. Die Körner selbst sind - wie es sich für einen anständigen Quarz gehört - vollkommen farblos. Der Eisenanteil im Gesamtgestein ist beinahe verschwindend klein - er liegt gerade mal bei 1 Prozent. Das reicht schon aus, um den Pfälzer Sandsteintürmen ein leuchtendrotes Kleid zu verpassen.

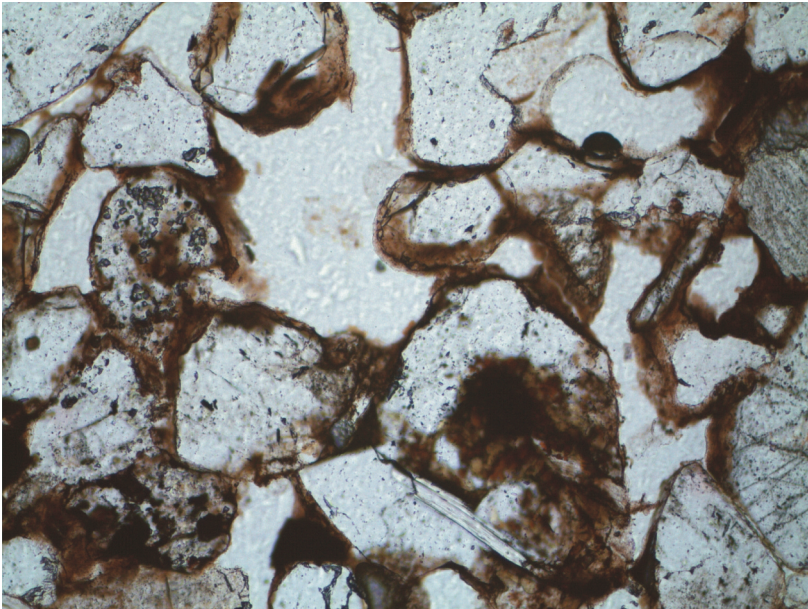


Abbildung 1: Unter dem Mikroskop sieht der Pfälzer gar nicht mehr so rot aus wie mit bloßem Auge. Die durchscheinenden Körner bestehen aus Quarz (SiO_2) und sind in diesem Fall etwa einen Viertel Millimeter groß. Die Körner sind mit einer feinen Lage Eisenoxid überzogen. Auch hier ist keine rote Farbe erkennbar - denn der Gesteinsschliff ist nur 25 Mikrometer dünn - etwa halb so dick wie ein menschliches Haar. Lebhaft rot wird das Gestein erst für unsere Augen: Wir sehen ja beim Klettern immer ein paar hundert Millionen Körner gleichzeitig.

...und wo kommt die rote Farbe eigentlich her?

Das ist die eigentlich interessante Frage. Durch Eisenoxid rot gefärbte Sedimentgesteine sind ein wichtiger Hinweis für Geologen. Sie sagen uns etwas über die klimatischen Verhältnisse zur Zeit der Ablagerung. Unsere Erde ist ja ständig in Bewegung. Wenn Mensch Phrasen drischt wie „Das war schon immer so“, dann spricht er ein großes Wort gelassen aus. Für immer ist hier auf unserem tränenreichen Globus gar nichts. Kontinente wandern, Gebirge türmen sich auf und werden wieder eingeebnet, polare Eiskappen kommen und gehen, Temperaturen und Meeresspiegel schwanken.

Damals, im Unteren Buntsandstein, vor knapp 250 Millionen Jahren, war vieles anders als heute. Fast das gesamte Gebiet des heutigen Deutschland war eine flache Senke - das *Germanische Becken*. Wo sich heute die Hügel des Pfälzer Waldes erheben, erstreckte sich eine weite Fluss- und Schwemmebene. Westlich lag ein Hochland, das „Gallische Land“. Von dort kommt der Abtragungsschutt, der heute zu Sand zerrieben und wieder verfestigt die Pfälzer Gipfel bildet. Das Gallische Land war Teil des gewaltigen Super-

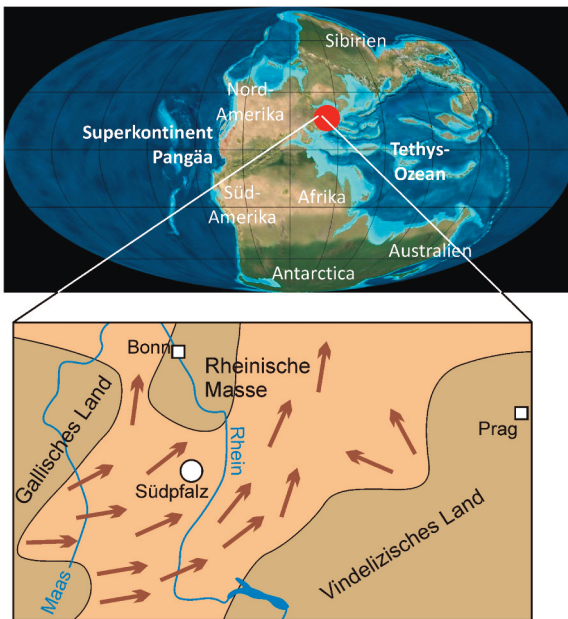


Abbildung 2: Oben: Die Pfalz in tropischen Gefilden. Der rote Punkt markiert die Lage des heutigen Mitteleuropa, etwa auf Höhe des nördlichen Wendekreises. Vor 250 Millionen Jahren sah die Welt vollkommen anders aus. Man konnte fast überall zu Fuß hingehen, denn alle wesentlichen Landmassen waren zum Superkontinent Pangäa vereint, der ein riesiges Meeresbecken umspannte: den Tethys-Ozean. Dieser Ozean existiert nicht mehr - klägliche Reste davon finden sich unter anderem im heutigen Mittelmeer und im Schwarzen Meer.

Unten: Die Region, wie sie vor 250 Millionen Jahren aussah. Das Baumaterial für die Pfälzer Sandsteinfelsen kam hauptsächlich aus Westen. Nach Osten hin riegelte die Vindelizische Schwelle die Region vom offenen Ozean ab, so dass hier Festlandbedingungen herrschten. Das änderte sich erst knapp 20 Millionen Jahre später, als das Meer von Osten her das germanische Becken überflutete. Die Pfeile deuten die vorherrschende Richtung des Sedimenttransports an.

kontinents Pangäa, der damals alle größeren Landmassen der Erde in sich vereinigte. Vom Ur-Ozean Tethys war die Region durch ein weiteres Hochland abgeschnitten - die Vindelizische Schwelle. Und das ganze lag wesentlich weiter südlich als heute - nahe des Äquators in trockenheißem Klima. Geregnet hat es wahrscheinlich selten, dafür aber stark - so wie in heutigen Steppen- und Wüstengebieten auch.

Es war ständig was los damals. Flussläufe veränderten ihr Bett, trugen Sand ab und lagerten ihn an anderer Stelle wieder an. Episodische Starkregen erzeugten große Schichtfluten, deren Wucht ausreichte, um auch gröberes Material in Bewegung zu bringen. Dabei wurden die Kiesel herantransportiert, die heute überall im Fels stecken. Immer wieder bildeten sich Totarme, Tümpel und auch größere flache Seen, wo das Wasser für eine Weile zur Ruhe kam. Sehr feinkörniger Schlamm konnte sich absetzen - heute als weiche, bröselige Tonsteinschichten bei uns Kletterern nicht sehr beliebt.

Und hier kommt die rote Farbe ins Spiel. Wasser enthält eine ganze Reihe gelöster Minerale. In einer Region, wo an der Oberfläche trockene Hitze herrscht, ist die Verdunstungsrate sehr stark. Dadurch wird Grundwasser regelrecht aus der Tiefe zur Oberfläche gesaugt - und bringt dabei eine Menge Stoffe mit nach oben. Unter anderem Eisenoxid. Das legt sich, wenn das Wasser verdunstet, als dünner fester Belag auf die Oberfläche der Sandkörner und verpasst ihnen ihre rote Patina. Eisenoxid ist zwar längst nicht das einzige, was im Wasser gelöst ist, aber durch seine kräftige Farbe ist es sehr markant. Andere Minerale wie Karbonat (Kalk) oder Sulfat (Gips) sind auch dabei, gehen aber in der intensiven Rotfärbung des Eisenoxids unter.

Solche kräftig rot gefärbten, auf dem Land abgelagerte Sedimentgesteine sind in der Erdgeschichte häufig. Sie entstanden immer dann, wenn warme und trockene Verhältnisse herrschten. Geologen nennen sie *red beds*. In sehr alten Gesteinsschichten - etwa 2,5 Milliarden Jahre und älter - finden wir sie allerdings nicht. Der Grund dafür ist einfach: um Eisen zu rotem Hämatit zu oxidieren - verrosten zu lassen - braucht es eine Menge freien Sauerstoff. Die Ur-Atmosphäre der Erde enthielt damals einfach nicht genug davon. Das änderte sich erst, als sich in den Meeren Algen entwickelten und stark ausbreiteten, die durch Photosynthese massenweise Sauerstoff produzierten.

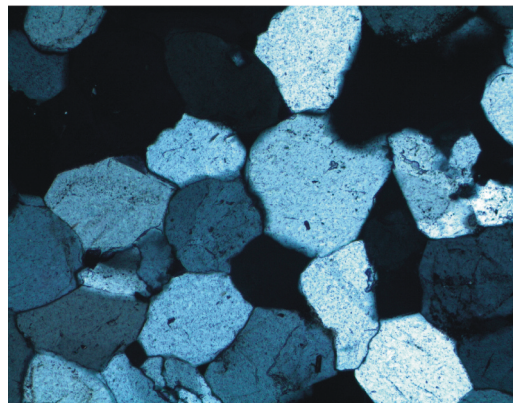
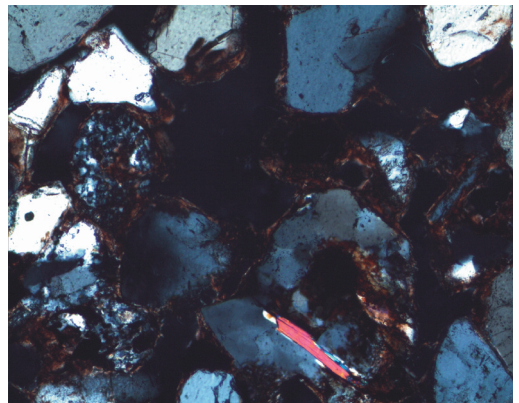
Rauhe Burschen

Unter dem Mikroskop fällt noch eine weitere Sache auf: Die Sandkörner sind sehr eckig. Für uns Geologen ein untrügliches Zeichen, dass sie vor ihrer Ablagerung nicht sehr lange transportiert worden sind. Auf ihrem Weg vom Liefergebiet zum Ablagerungsraum taumeln Sedimentkörner durcheinander und stoßen ständig miteinander zusammen. Dabei schleifen sie sich nach und nach gegenseitig rund und werden kleiner. Weniger widerstandsfähige Minerale wie Feldspäte und Glimmer werden ganz zerrieben, so dass

am Ende ein reiner, eher feinkörniger Quarzsand zurückbleibt. Die Sande von Fontainebleau zum Beispiel entstanden hauptsächlich im Flachmeer. Solche Meeressande werden oft Jahrtausende lang durch Gezeiten und Meeresströmungen hin- und her geschaufelt, bevor sie endgültig zur Ruhe kommen und von einer neuen Schicht Sediment bedeckt werden. Das scheint hier in der Pfalz nicht passiert zu sein. In dem Sinne ist der Pfälzer Sandstein ein sogenanntes „unreifes Sediment“. Klingt etwas seltsam, aber so nennen wir Geologen es tatsächlich. Der Weg der Körner, die wir unter dem Mikroskop sehen, war offenbar ein kurzer. Hinzu kommt wahrscheinlich, dass die schiere Menge an Abtragungsschutt, der vom Gallischen Land nachgeliefert wurde, sehr groß war. Dadurch wurden die Sande, einmal abgelagert, schnell von neuen Schichten bedeckt und vor weiterer Umlagerung geschützt. Aus Kletterersicht ist das ein Segen, denn viel Material bedeutet große Schichtmächtigkeit. Wäre es nicht so gewesen, müsste man sich heute in der Pfalz vielleicht mit 10-Meter-Wändchen begnügen.

Abbildung 3: Derselbe Pfälzer wie in Abbildung 1, diesmal unter "gekreuzten Polarisatoren" - ein optischer Trick, den wir Geologen als Bestimmungshilfe benutzen. Minerale zeigen bei dieser Methode typische "Interferenzfarben". Quarze erscheinen dunkel bis grau. Das lebhaft bunte Korn ist ein Glimmerplättchen. Bei normalem Licht wäre es im Schliff genau so durchscheinend und klar wie die Quarze und daher kaum unterscheidbar. Minerale wie Glimmer haben hervorragende Spaltbarkeit und sind entsprechend wenig "stossfest", genau so wenig wie das aus mosaikartig aus winzigen Quarzen zusammengesetzte Korn links im Bild. Einen längeren Transport würde solche Körner nicht überleben.

Unten: Zum Vergleich ein Franzose: Der Sandstein von Fontainebleau sieht im Dünnschliff erheblich "aufgeräumter" aus. Er wurde im Meer lange hin- und hergeschaufelt, bevor er entgültig zur Ruhe kam. Nur Quarz ist übrig geblieben und die Körner sind schön rund geschliffen.



Der Pfälzer Sandstein an sich ist also ein vielschichtiges Gestein - manchmal fein, oft grob, rauh, unreif und mit Ecken und Kanten, an denen man sich reiben kann. Reibung ist ja bekanntlich durch nichts zu ersetzen - außer durch noch mehr Reibung. Sie sorgt für guten Kontakt.

Kontext

Eine Sache noch zum Schluss. Wo ich schon dabei bin, muss ich noch eine Begrifflichkeit klarstellen. Oft hört und liest man, dass jeder rote Sandstein als Buntsandstein bezeichnet wird. Dieser Begriff ist aber in der Geologie streng definiert. Er bezeichnet gar nicht das Gestein selbst, sondern einen Zeitabschnitt - nämlich den ältesten Teil der Trias-Epoche. Im Namen *Trias* (etwa 250 bis 200 Millionen Jahre vor heute) steckt es schon drin: die Ablagerungen aus dieser Zeit sind in Mitteleuropa auffallend dreigeteilt. Von alt nach jung findet man in ganz Deutschland: Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper.

Diese Dreiteilung spiegelt die großen Veränderungen wieder, denen der Ablagerungsraum im Lauf der Erdgeschichte unterworfen war. Im Buntsandstein herrschten die oben beschriebenen eher öden Festland-Bedingungen vor. In der Muschelkalk-Zeit stieg der Meeresspiegel, und das Germanische Becken wurde in ein tropisches Flachmeer verwandelt, in dem sich markante helle Kalksteine mit reichlich Fossilien ablagerten. Im Keuper dominierten dann wieder festländische Bedingungen, diesmal aber eine feucht-warme Sumpflandschaft mit üppigem Pflanzenwuchs. Die Keuper-Sedimente sind entsprechend feinkörnig und enthalten oft jede Menge fossiler Reste von Schachtelhalmen und Baumfarnen.

Lebhaft gefärbte Sandsteine gibt es in vielen Zeitepochen und vielen anderen Regionen der Erde. Diese aber bitte nicht als „Buntsandstein“ bezeichnen - da sind wir Geologen sehr penibel. Höchstens als „bunten Sandstein“. Die roten Tonsteine in der Pfalz wiederum dürfen - auf den ersten Blick etwas paradox - Buntsandstein genannt werden. Vorausgesetzt, man spricht von der Epoche, nicht vom Gestein. So viel Zeit muss sein. Ich sage ja auch „Theoweg“ und nicht „Theo-Tour“...

Danke Thomas für die Hilfe bei der Probennahme und für die Gelegenheit, in Eurem Jahrbuch ein bisschen Geologie verbreiten zu dürfen.

Text und Abbildungen: Mark Keiter (Naturkunde-Museum Bielefeld)

Paläogeographische Weltkarte in Abb. 2 mit freundlicher Genehmigung von Ron Blakey (<http://jan.ucc.nau.edu/~rcb7/globaltext2.html>)