

Über Gesteinsstructuren.

Von

Professor Dr. Fr. Becke.

Vortrag, gehalten den 6. März 1901.

(Mit Demonstrationen.)

Das Thema, welches ich heute vor Ihnen zu behandeln mir vorgenommen habe, liegt weit abseits von den Interessen, die auf ein größeres Publicum anziehend zu wirken pflegen, weil es sich hiebei um Dinge handelt, für welche wohl den meisten die unmittelbare Anschauung fehlt und ein Anknüpfen an bekannte Thatsachen der Erfahrung schwierig ist.

Dennoch glaubte ich es wagen zu können, über Gesteinsstructuren vor Ihnen zu sprechen, weil mir bekannt ist, wie sehr die Zuhörerschaft des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse geneigt ist, auch rein wissenschaftlichen Fragen aufmerksam zu folgen, und weil es sich hier um Erfahrungen handelt, die in der That für das Verständnis der Gesteine der Erdrinde, des Felsgerüstes, auf dem sich ja die ganze Entwicklung unseres Weltkörpers abspielt, von der allergrößten Wichtigkeit ist.

Eine eindringlichere Kenntniss, wie die Gesteine der Erdrinde aus ihren Bestandtheilen sich aufbauen, verdankt man erst der Einführung des Mikroskops in das Gesteinsstudium, einer wissenschaftlichen Leistung, welche an Wichtigkeit und Tragweite von unserem Altmeister Suess bei einer Gelegenheitsrede einmal der Darwin-

schen Descendenzlehre an die Seite gestellt wurde, und die in der That ganz neue Gesichtspunkte bei der Beurtheilung der Gesteine nach Zusammensetzung, Structur und Entstehung vor unsere Augen gerückt hat.

Von den Wundern, die das Mikroskop bei der Untersuchung der Gesteine zutage fördert, war im Laufe der Jahre in diesem Kreise schon öfter die Rede, und ich habe den Vortheil, hier an manches Bekannte erinnern zu können.

Die Gesteine bieten sich der mikroskopischen Untersuchung nicht so leicht dar wie die Objecte des Zoologen und Botanikers. Es musste erst eine Methode gefunden werden, die harten, undurchsichtigen Gesteine in so dünne Platten zu verwandeln, dass sie mikroskopischer Untersuchung im durchfallenden Lichte zugänglich werden.

Auf die Gefahr hin, Bekanntes zu wiederholen, will ich anführen, dass die jetzt allgemein angewandte Methode darin besteht, dass man sich zuerst durch Abschlagen einen flachen Splitter des Gesteins verschafft oder durch eine Steinschneidemaschine von einem größeren Stück eine Platte abschneidet, die zunächst auf einer Seite vollkommen eben abgeschliffen wird. Das Schleifen erfolgt zuerst mit gröberem Schmirgel und Wasser auf Metallplatten, zum Schluss mit fein geschliffnem Schmirgel auf eben abgeschliffenen Glasplatten.

Ist so die eine Seite der Platte eben hergerichtet, so wird sie mit einem Kitt (gewöhnlich verwendet man Canada-balsam) auf einem einige Millimeter dicken Stück Spiegelglas aufge kittet und nun von der rauhen Seite in derselben

Weise zuerst mit grobem Schleifpulver auf einer Eisenplatte, zuletzt, wenn das dünne Plättchen anfängt durchsichtig zu werden, mit feinem Schmirgel auf Glasplatten dünn geschliffen; so lässt sich aus den härtesten und undurchsichtigsten Gesteinen ein ganz dünnes und durchsichtiges Plättchen herstellen — ein Dünnschliff, welcher nur wenige Hundertstel eines Millimeters dick ist und unter dem Mikroskop untersucht werden kann.

Diese Methode wird jetzt in allen mineralogischen Instituten mit mehr oder weniger Vollkommenheit geübt. In Deutschland hat sich die Industrie dieser Methode bemächtigt, und es gibt in Deutschland mehrere mechanische Werkstätten, welche Dünnschliffe von eingesandtem Material ganz fabrikmäßig erzeugen, und die in solchen Anstalten (ich nenne insbesondere Voigt & Hochgesang in Göttingen, Fuess in Berlin) hergestellten Dünnschliffe zeichnen sich durch tadellose Herstellung und große Feinheit aus.

Was kann man nun an den Dünnschliffen der Gesteine beobachten, wenn man sie mikroskopisch betrachtet? Sie werden selbst nicht erwarten, dass ich in der kurz bemessenen Frist eines Vortrages Ihnen eine erschöpfende Darstellung der mikroskopischen Gesteinskunde geben kann. Ich will mich auf die Vorführung einiger Beispiele beschränken, die ich Ihnen im photographischen Bilde vorführen werde. Vorher gestatten Sie mir noch ein paar Worte über die Mineralbestandtheile der Gesteine.

Bei der Untersuchung der Gesteine ergibt sich ganz allgemein das Resultat, dass sie aus verschiedenartigen

unterscheidbaren Theilen, aus einzelnen Mineralen, den Gesteinsgemengtheilen bestehen. Diese Gesteinsgemengtheile gehören ihrer überwiegenden Mehrzahl nach zur Abtheilung der Kieselsäureverbindungen, Silicate. Zur Übersicht können wir sie in folgende Gruppen bringen:

Die erste umfasst eine kleine Anzahl meist in bescheidener Menge auftretender Minerale, welche zumeist keine Silicate sind. Hieher gehören das Magneteisenerz, der phosphorsaure Kalk (Apatit), der Zirkon u. a. Wir bezeichnen sie als die Gruppe der accessorischen Gemengtheile.

Die zweite Gruppe sind Silicate, wie Olivin, Augit, Hornblende, Glimmer; sie sind durch ihren nie ganz fehlenden Gehalt an Metallverbindungen, namentlich an Eisen ausgezeichnet, haben daher meist eine dunkle Färbung. Wir werden sie hier kurzweg als farbige Silicate bezeichnen.

Die dritte Gruppe umfasst Minerale, für welche die Freiheit von den Elementen Magnesium und Eisen charakteristisch ist, sie sind daher farblos. Dagegen enthalten sie stets einen der Stoffe Calcium, Natrium, Kalium, welche ja in den in der Erdrinde entspringenden Mineralquellen so reichlich verbreitet sind, und außerdem fehlt ihnen niemals das Element Aluminium, das insbesondere bei der Verwitterung dieser Minerale eine wichtige Rolle spielt, indem unter dem Einfluss der Atmosphärien unlösliche wasserhaltige Aluminiumsilicate zurückbleiben, welche die Grundlage der Thone und einen wichtigen Bestandtheil der Ackerkrume bilden. Die Feldspate sind

die wichtigsten Vertreter dieser dritten Gruppe, und wir wollen sie kurz die Gruppe der Feldspatminerale nennen.

Als vierte und letzte Gruppe ist dann zu nennen der Quarz, das reine Kieselsäureanhydrid, welches insbesondere in den kieselsäurereichen Gesteinen einen oft nicht unbeträchtlichen Antheil an der Gesteinszusammensetzung hat.

Alle diese Gemengtheile treten nun in den Gesteinen theils in rundum ausgebildeten Krystallen, theils in Körnern auf, deren Formausbildung durch die Nachbarschaft behindert wurde; die mikroskopische Technik ist gegenwärtig so ausgebildet, dass die im Dünnschliff beobachtbaren Merkmale in allen Fällen eine sichere Bestimmung der vorhandenen Gemengtheile gestatten.

Betrachtet man den Dünnschliff irgend eines Gesteins, so sieht man Durchschnitte durch die verschiedenen Krystalle und Körner. Bei Ausbildung der Krystallform bieten sie regelmäßige geradlinige Umrisse dar; die Kunst des Mikroskopikers besteht nun darin, aus diesen Durchschnitten die Form der Krystalle zu erkennen und zu reconstruieren.

Nun wollen wir einmal das photographische Bild eines solchen Dünnschliffes an die Wand werfen, und ich will versuchen, Ihnen durch dieses Gewirr von Durchschniffsfiguren den Führer zu machen. Vorausschicken will ich, dass das vorgezeigte Bild den Dünnschliff eines granitähnlichen Gesteines darstellt (eines Tonalits), von dem wir anzunehmen Grund haben, dass dasselbe

ein sogenanntes Erstarrungsgestein sei, d. h. aus einem schmelzflüssigen oder magmatischen Zustand durch Abkühlung in den jetzt vorliegenden krystallinischen Zustand übergegangen sei.

Zunächst bemerken wir in dem Dünnschliffbild dunkel gefärbte Durchschnitte von zweierlei Art. Bei Betrachtung des Dünnschliffes selbst würden sie sich schon durch die Färbung unterscheiden. Die einen zeigen braune Farbe, geben einerseits breite, beiläufig sechsseitige, andererseits schmalere rechteckige Durchschnitte. Wir schließen, dass hier tafelförmige Krystalle vorliegen. Die Querschnitte erscheinen zart gestreift durch feine schwarze Linien, die der langen Rechteckseite parallel gehen. Dies sind die Spuren der Spaltbarkeit nach der Tafelfläche. Die andere Art von dunklen Durchschnitten erscheint im Dünnschliff selbst grün. Es sind Längs- und Querschnitte von Säulchen von Hornblende. Beide gehören zur Gruppe der farbigen Silicate.

Jene großen farblosen Durchschnitte von schiefwinkliger Gestalt sind als Durchschnitte von Feldspatkrystallen erkennbar; durch die parallelen Spaltrisse, die leichte Trübung lassen sie sich leicht unterscheiden von den sonst noch im Bilde vertretenen ganz klaren Stellen, die Durchschnitte durch Quarzkörner darstellen. Beachtenswert ist nun Folgendes: Die farbigen Gemengtheile geben fast überall geradlinig umgrenzte Durchschnitte, lassen also ringsum ausgebildete Krystallformen erkennen; die Feldspate zeigen solche geradlinige Umgrenzung dort, wo sie an Quarz grenzen. Dieser zeigt

nirgends eigene Krystallform, sondern erweist sich als Lückenbüßer, der mit dem Raum vorlieb nimmt, welchen die anderen in Krystallen ausgebildeten Gemengtheile freigelassen haben. Auch die erste Gruppe der Gesteinsgemengtheile ist in dem Bilde durch ein charakteristisches Beispiel vertreten. Beachten Sie jenes kleine helle Sechseck, welches wie ein Loch in der dunklen Hornblende aussieht. Es ist ein Querschnitt eines Apatitprismas. Ein Längsschnitt eines solchen schlanken Säulchens ist an einer anderen Stelle zu bemerken.

Die eigenthümliche Structur, welche in dem vorgeführten Beispiele zutage tritt, heißt die granitisch-körnige. Ihr Wesen ist darin begründet, dass man aus der Formausbildung der einzelnen Gesteinsgemengtheile auf eine bestimmte Reihenfolge in der Krystallisation schließen kann; die einzelnen Gemengtheile lassen sich in eine bestimmte Ordnung bringen, so dass jedes nachfolgende Glied bei seiner Krystallisation bereits Krystalle der vorangehenden Glieder antraf und durch deren Vorhandensein an der Ausbildung eigener Krystallform gehemmt wurde.

Im besprochenen Beispiel ist offenbar Apatit der zuerst ausgeschiedene Gemengtheil. Seine kleinen schlanken Säulen liegen fix und fertig ringsumgeschlossen in den Individuen aller anderen Gemengtheile. Auf den Apatit folgen die farbigen Silicate, hierauf der Feldspat und den Schluss bildet der Quarz, der es nirgends mehr zur Ausbildung eigener Formen bringt, sondern sich mit dem Raum begnügt, den die anderen Gemengtheile übrig

gelassen haben. Von diesem Gesichtspunkte aus erscheint nun das Structurbild, anfangs ein unentwirrbares Durcheinander von Krystalldurchschnitten, von einer strengen Gesetzmäßigkeit beherrscht.

Die hier gefundene Ausscheidungsfolge tritt uns häufig entgegen; sie zeigt sich z. B. in einem vorgezeigten Dünnschliffbilde eines Theralithes sehr schön, indem die regelmäßig begrenzten Durchschnitte großer Augitkrystalle von farblosen Körnern der Feldspatminerale (Nephelin und Kalknatronfeldspat) umhüllt werden. Das letzte Glied fehlt hier, da der Kieselsäuregehalt dieses Gesteins zur Quarzbildung nicht hinreicht.

Die Ausscheidungsfolge wird aber nicht durch diese eine Regel beherrscht, und abweichende Krystallisationsfolgen bedingen sogleich eine andere Structur. Der vorgewiesene Dünnschliff eines Diabases lässt leicht wieder die beiden Kategorien der dunklen farbigen Silicate (hier Augit) und der farblosen Feldspatminerale (hier Kalknatronfeldspat) erkennen. Aber die Reihenfolge der Ausscheidung ist eine andere als früher. Hier ist es der Kalknatronfeldspat, dessen Durchschnitte die Ausbildung regelmäßiger Krystallformen verrathen, der Augit füllt die Lücken aus. Dieses Verhältniß bedingt die „ophitische Structur“.

Lassen diese Structurbilder ein deutliches Nacheinander in der Bildung der Gemengtheile erkennen, so gibt es Fälle, wo ebenso deutlich die gleichzeitige Bildung zweier Gemengtheile zum Ausdruck gelangt. Das Dünnschliffbild eines Schriftgranits bringt diese gleichzeitige

Bildung von Quarz und Feldspat in einem bestimmten Falle zur Anschauung.

Die Ueberlegung, dass in den Erstarrungsgesteinen die einzelnen Gemengtheile häufig nach einander zu krystallisieren beginnen, legt uns den Gedanken nahe, dass in der Entwicklung eines derartigen Gesteines ein Zustand vorkommen muss, wo bereits ein oder mehrere Gemengtheile ihre Krystallisation begonnen haben, der Rest des Gesteins sich aber noch im unkrystallinischen „magmatischen“ Zustand befindet.

Bei den Laven finden wir diesen Zustand des öfteren gleichsam fixiert. Bei der Eruption vieler Laven kann man sich von dem Vorhandensein bereits ausgeschiedener Krystalle überzeugen, die in der Schmelze schwimmen. Wird nun die Schmelze rasch abgekühlt, so erstarrt sie glasig, und wir erhalten ein Bild, wie es beispielsweise die Laven der Insel Santorin geben. Krystalle von Augit und Feldspat schwimmen in einer dunklen glasigen Masse. Die fertigen Krystalle werden als Einsprenglinge, die Masse, in der sie liegen, als Grundmasse bezeichnet. Dieser Gegensatz von Einsprenglingen und Grundmasse ist bezeichnend für die porphyrische Structur, die so häufig bei Laven und ähnlich entstandenen Gesteinen angetroffen wird.

Die Grundmasse, der rascher und unter anderen Verhältnissen erstarrte Rest der Gesteinsmasse, ist verschiedener Ausbildung fähig: entweder ganz glasig, oder erfüllt von winzigen kleinen Kryställchen (Mikrolithen), oder er zeigt einen Aufbau aus radialfaserigen krystallini-

schen Gebilden, oder er wird sehr feinkörnig. Nicht selten sieht man an der Anordnung der Einsprenglinge und der winzigen Kryställchen der Grundmasse die Spuren von fluctuierender Bewegung in der Grundmasse — die sogenannte Fluidalstructur.

Im Gegensatz zu diesen Erstarrungsgesteinen zeigen die sogenannten klastischen Gesteine, welche durch die Anhäufung von Bruchstücken älterer Gesteine entstehen, die durch irgend ein Bindemittel miteinander verkittet wurden, ein total anderes Structurbild. An dem Dünnschliffbild eines Sandsteines lässt sich dieser Unterschied schön aufweisen. Die hellen, zackig begrenzten Flecken sind Durchschnitte von Bruchstücken von Quarzkörnern, die durch ein aus winzigen Schüppchen bestehendes Cement mit einander verkittet erscheinen. Dieses charakteristische Bild mag als ein Beispiel klastischer Structur den Unterschied von den früheren Erstarrungsstructuren erkennen lassen.

Als letztes Beispiel und als Repräsentant einer ganz eigenartigen Structur sei noch das Lichtbild eines Dünnschliffes von Gneis vorgeführt. Wir erkennen an demselben die dunklen Gemengtheile, die uns im Tonalit entgegengetreten sind: Hornblende und Glimmer; wir erkennen den farblosen, etwas trüben Feldspat, den klaren, durchsichtigen Quarz.

Hier ist nun zunächst gar kein Gemengtheil zur Ausbildung eigener Krystallform gelangt. Es ist auch unmöglich, eine zeitliche Folge in der Bildung der einzelnen Gemengtheile festzustellen. Die Hornblende um-

schließt Theilchen von Quarz und Feldspat und bildet selbst kleine Einschlüsse in den größeren Körnern jener. Alles scheint gleichzeitig entstanden zu sein und durch Aneinanderpassen sich ineinander verschränkt zu haben. Dieses Ineinanderwachsen kann bisweilen zu einer förmlichen Durchdringung fortschreiten. Im großen zeigt sich aber in der vorherrschenden Längserstreckung der einzelnen Mineralblättchen und Körner ein gewisser Parallelismus, welcher in manchen Fällen Bilder hervorruft, die sehr an die Erscheinungsform der Fluidalstructur der Erstarrungsgesteine erinnern, aber doch wesentliche Unterschiede aufweisen. Bei der Fluidalstructur ist das charakteristische Moment die Parallelstellung fertiger länglich gestalteter Kryställchen, bei der Schieferstructur des Gneises die Begünstigung des Wachstums in einer bestimmten Ebene oder Richtung.

Diese eigenthümlichen Structurverhältnisse sind für die ganze wichtige Classe der krystallinischen Schiefer charakteristisch. Die Terminologie entbehrt noch einer allgemein angenommenen Bezeichnung für diese Structurverhältnisse, die durch das gleichzeitige Wachsen der Gesteinselemente in steter Berührung mit und fortwährender Anpassung an einander hervorgerufen werden.

Ausbildung der Krystallformen ist dabei seltener zu bemerken als bei den Erstarrungsstructuren. Wenn solche beobachtet werden (z. B. Granatkrystalle im Glimmerschiefer, Magnetitkrystalle im Chloritschiefer), so sind sie nicht Folge der zeitlich früheren Bildung

jener Gemengtheile, sondern die Folge davon, dass jene Minerale ihre Formen durch die ihnen innewohnende höhere Krystallisationskraft im Kampfe mit der Umgebung zur Geltung bringen.

Wir nennen jetzt alle diese Structures, die durch das gleichzeitige Wachsen der Gemengtheile im starren Gesteine zustande kommen, krystalloblastische Structures ($\beta\lambda\alpha\sigma\tau\epsilon\acute{\iota}\nu$ = wachsen, sprossen).

Manche Typen der krystallinischen Schiefer ver-rathen in auffallender Weise die Mitwirkung mechanischer Bewegungen innerhalb der Gesteinsmasse, wodurch einzelne Mineralkörner verbogen, zerrissen, zertrümmert, zermalmt wurden. Derartige Structures führen den Namen kataklastische Structures.

Was ich Ihnen heute in Wort und Bild vorführen konnte, vermag den Gegenstand nicht zu erschöpfen, gar vieles konnte nur angedeutet, vieles musste vollständig übergangen werden. Ich hoffe aber doch durch die vorgeführten Structurbilder Ihnen gezeigt zu haben, dass man durch das Studium der Gesteinsstructures zu ganz interessanten Ergebnissen über die Bildungsgeschichte der Gesteine geführt wird, und dass somit dieser Zweig der Wissenschaft von den Gesteinen auch berufen erscheint, bei der wichtigen Frage nach der Bildungsgeschichte der Erdrinde sein Wort mitzusprechen.
