

V. *Ueber die mikroskopische Structur der Gesteine; von Ferdinand Zirkel.*

(Die Sitzungsberichte der Kais. Akademie der Wissenschaften in Wien werden demnächst eine Abhandlung von mir »Mikroskopische Gesteinsstudien« mit 50 Abbildungen bringen, aus der ich nachstehend einige Resultate auszüglich mittheile).

Anknüpfend an die wichtigen Beobachtungen meines hochverehrten Freundes Henry Clifton Sorby über die Structur der Krystalle, dieselben bestätigend und erweiternd, habe ich vermittelst selbstverfertigter, durchsichtig oder durchscheinend geschliffener Plättchen unter dem Mikroskop die Zusammensetzung und Structur einer großen Anzahl von Gesteinen zu erforschen versucht. Vorwiegend wurden solche Gesteine ausgewählt, an denen ich Beobachtungen von allgemeinerer Geltung anstellen und durch deren Untersuchung ich dunklere Gebiete der Petrographie aufklären zu können hoffen durfte. Das benutzte Mikroskop befindet sich im Besitz des k. k. Hofmineralienkabinetts in Wien und giebt bei einer Linearvergrößerung von 2000 noch ein vollständig helles Gesichtsfeld.

Was zunächst die Granite anbelangt, so zeigt in ihnen der Quarz, der Angelpunkt jeglicher Theorie über die Entstehungsweise dieser Gesteine, unter dem Mikroskop ein eigenthümliches Aussehen. Dafs Quarzkrystalle Höhlungen umschließen, welche eine Flüssigkeit enthalten, war längst bekannt, stets hielt man dies aber für eine seltene und nur zufällig vorkommende Erscheinung. Erst Sorby wies nach, dafs sie auch in den Quarzen der von ihm untersuchten cornischen Granite vorkommen und zwar von mikroskopischer Kleinheit in ungeheurer Menge. Die Quarze zahlreicher Granite von verschiedenen Punkten der Erde, welche ich angeschliffen habe, lieferten ganz dasselbe Ergebnifs, so dafs an der Richtigkeit und Allgemeinheit jener Beobachtung kein Zweifel mehr obwalten kann. Diese mikroskopisch kleinen,

eine Flüssigkeit enthaltenden Höhlungen, Wasserporen genannt, weil ihr Inhalt meist eine wässrige Solution ist, sind ganz analog denjenigen, welche Sorby in den künstlich aus einer Lösung gebildeten Krystallen auffand. Es sind Theile der Lösung, welche beim Wachsthum der Krystalle in deren Masse eingehüllt wurden. Die Wasserporen, auf dem klaren Quarzschliff wie Regentropfchen auf einer Fensterscheibe erscheinend, liegen in solch ungeheurer Anzahl in der Quarzmasse, daß sie oft mindestens den zwanzigsten Theil derselben ausmachen. Die größern derselben, meist von unregelmäßiger verästelter Gestalt, messen selten mehr als 0,06 Mm. im größten Durchmesser; die kleinern haben fast immer einen rundlichen Umriss, die kleinsten erscheinen selbst bei 2000facher Vergrößerung nur als die allerfeinsten, kaum wahrnehmbaren Punkte mit denen das ganze Quarzkorn durchsprenkelt ist. Jede Wasserpore, sie mag noch so klein seyn, enthält in ihrer Ausfüllung ein Bläschen, welches, wenn es nicht zu sehr an den Wandungen adhaerirt, sich beim vorsichtigen Drehen des Schliffs unter dem Mikroskop hin und her bewegt. Bei Poren, welche 0,003 Mm. lang, 0,0015 Mm. breit sind, ist noch ein deutliches Bläschen zu erkennen. Nehmen die Poren eine besondere Lage ein, so erleidet das durchfallende Licht eine totale Reflection, so daß eine schwarze opake Substanz erscheint. In Quarzen grobkörniger Granite sind die Wasserporen zahlreicher und größer als in denen feinkörniger Granite. Diejenigen Krystalle, welche zahlreiche Poren umschließen, scheinen sich rascher gebildet zu haben, langsamer diejenigen, welche weniger Poren enthalten. Die Wasserporen liegen einzeln unregelmäßig durcheinandergestreut oder in vielfach sich verzweigenden und wieder vereinigenden Reihen und Streifen, auch, zumal wenn sie sehr klein sind, in dichtere Haufen zusammengedrängt, welche dünnere Strahlen aussenden. Die Poren auf den Durchschnittspunkten der Reihen sind allemal größer. Oft sieht man, wie die Porenschichten unter einem Winkel geneigt, in die Quarzmasse hineinsetzen.

Außer den Wassersporen beherbergen die Quarze der Granite noch Glas- und Steinporen. Die Glasporen ganz analog denen, welche Sorby in den aus feurigem Fluß erstarrten Schlackenkrystallen auffand, denjenigen ferner, welche ich in den Feldspathen geflossener Laven und Obsidiane beobachtete, sind kleine Antheile des geschmolzenen Gesteins, aus dem der Quarz ausgeschieden ward, und wurden ebenso wie die Wassersporen von dem wachsenden Quarzkrystall in seine Masse eingeschlossen¹⁾. Die Glasporen enthalten ähnlich den Wassersporen durch Contraction entstandene Luftbläschen und zwar sind sie in ihnen natürlicherweise unbeweglich; auch umschließen sie in den meisten Fällen mehrere Luftbläschen, während jede Wasserpore immer nur ein Bläschen enthält. Abgesehen von der Unbeweglichkeit und der Anzahl der Luftbläschen unterscheiden sich die durchsichtigen oder durchscheinenden Glasporen durch eine dunklere Umgränzungslinie von den Wassersporen, indem das durchfallende Licht von der Glassubstanz anders gebrochen wird, als von der wässerigen Solution. Oft ist die Glasmasse zum Theil oder ganz krystallinisch geworden und bildet im letzten Fall eine sog. Steinpore. Die Steinporen enthalten niemals Bläschen. Nebenbei kommen in den Quarzen kleine leere, dunkelumrandete Poren vor, welche durch Gase oder Dämpfe gebildet wurden.

Die Feldspathe in den Graniten sind meistens selbst bei größter Dünne des Schliffs zu trübe um ihre Poren beobachten zu können; wo sie durchscheinend genug sind, zeigten sich in ihnen dieselben Porenarten wie im Quarz. Diese verschiedenartigen unverkennbaren Poreneinschlüsse in den Granitmineralien dienen der Theorie von der hydropyrogenen Entstehungsweise derselben zur kräftigsten Stütze; die sie enthaltenden Gebilde entstanden durch die vereinte Thätigkeit von geschmolzenem Gestein, Wasser, Gasen und

1) Glasporen und Wassersporen liegen bunt durcheinander in dem Quarz. Die Dimensionen beider sind gleich, die Wassersporen stets aber bedeutend zahlreicher.

Dämpfen, von denen jeder Factor an den wachsenden Krystallen die deutlich nachweisbaren Spuren seiner Gegenwart zurückliefs.

Es möge hier bemerkt werden, dafs wahrscheinlich der Wassergehalt der Granite und der Gesteine überhaupt stets viel zu niedrig angegeben wird. Man verfährt bei der Bestimmung desselben bekanntlich so, dafs man das Gestein zu feinem Pulver zerreibt, dieses erhitzt und den Gewichtsverlust als Wassermenge berechnet. Bei dem Pulver ist es aber unausbleiblich, dafs eine grofse Menge der Wasserporen aufgesprengt wird und von der eingeschlossenen, mit der Luft in Berührung tretenden Flüssigkeit ein beträchtlicher Theil rasch verdunstet, welcher mithin gar nicht zur Berechnung kommt. Die in den unzerstörten Poren befindliche Flüssigkeit aber wird höchst wahrscheinlich auch der Bestimmung entgehen, indem das fast nie fehlende Bläschen ihr Gelegenheit giebt, beim Erhitzen in der ringsgeschlossenen Höhlung sich auszudehnen und sie so in den meisten Fällen nicht genöthigt seyn wird, ihre Hülle zu durchbrechen und zu entweichen. Um wenigstens der ersten Fehlerquelle zu begegnen, müfste man zu dem schwer ausführbaren Mittel seine Zuflucht nehmen, ein ganzes Gesteinsstückchen abzuwägen und dann erst zu pulvern.

Die Quarze der Granite bieten unter dem Mikroskop noch andere eigenthümliche Erscheinungen dar. So enthalten die Quarzkörner der Granite z. B. von Böhmen, dem Harz und Cornwall eine auferordentlich grofse Anzahl von wasserklaren Krystallen, mit scharfgezogenem linienartigem Umriss und deutlicher klinobasischer Feldspathform; manche sind kurz und breit, manche lang säulenförmig und dünn; die gröfste beobachtete Länge betrug $0,12^{\text{mm}}$, die schmalsten waren nur $0,001^{\text{mm}}$ breit. Hier liegen sie vereinzelt in der Quarzsubstanz, dort zu dichten Haufen zusammengedrängt, so dafs die ganze Quarzmasse damit gespickt erscheint, immer regellos und in der gröfsten Unordnung durcheinandergesäet, senkrecht stehend, horizontal liegend, nach allen Richtungen hin geneigt. Dieselben glasartigen Kry-

stalle finden sich in den Feldspathen der Trachyte, und aus hiervon nicht unterscheidbaren Krystallen sind die Pechsteine zusammengesetzt.

Verbindet man mit dem Mikroskop einen Polarisationsapparat, so zeigen bei einer und derselben Stellung der Nicols, z. B. bei parallelen Schwingungsebenen, die Quarzkörner verschiedene Farbenerscheinungen; einige sind wasserklar, andere prachtvoll blau, andere gelb, andere lebhaft grün und brennend roth gefärbt, je nach der Lage ihrer optischen Axe; ein sehr großer Theil derselben aber ist nicht einfarbig, sondern besitzt verschiedene scharf gegeneinander abgegränzte Farben. Diese Quarzkörner, welche zu gleicher Zeit mehrere Farben aufweisen sind keine einfachen Krystalle sondern aus mehreren Individuen zusammengesetzt und die Neigung zu vielfachen unregelmäßigen Zwillingsverwachsungen, welche G. Rose am Bergkrystall kennen lehrte, welche Leydolt durch seine Aetzversuche bestätigte, macht sich also auch an den winzigen Quarzkörnern der Granite geltend.

Die mikroskopische Structur der Mineralien der Trachyte ist ganz denen der Granite gleich. Die Quarze enthalten die allerdeutlichsten Wasserporen in derselben Anzahl wie die Granite, Glasporen von gelblicher, graulicher oder grünlicher Farbe innerhalb deren sich oft nadelförmige Krystalle ausgeschieden haben, welche entweder an den Wandungen der Pore aufsitzen oder sternartig um das Luftbläschen gruppiert sind. Die Anzahl der Bläschen in einer Glaspore steigt mitunter auf 10. Alle Abstufungen und Uebergänge von der klaren Glaspore zur opaken Steinpore mit zackigem Rand finden sich in den Quarzen und klarern Feldspathen. Letztere enthalten manchmal, z. B. häufig in Island, dieselben spießförmigen Krystalle in großer Anzahl, wie sie in den Quarzen der Granite liegen; einige davon haben mit ihren Enden die stark durchscheinende Sanidinmasse in ganz derselben Weise verzogen, wie wenn man mit einem spitzen Instrument durch einen zähflüssigen Teig fährt. Auch zahlreiche Dampfsporen und manchmal (in klarern Feldspathen) wohl-

erkennbare Wasserporen beherbergen die trachytischen Feldspathe. Sanidin und Oligoklas kann man an der Streifung meist wohl unterscheiden; letztere ist oft so ungemein fein, daß die Dicke der einzelnen Zwillinglamellen nicht $0,002^{\text{mm}}$ übersteigt. Die Sanidine zeigen im polarisirten Licht mit schönen Farbenerscheinungen, daß auch sie meistens nicht einfache Krystalle, sondern aus mehreren Individuen zusammengesetzt sind. Wenn man kein Bedenken trägt, die Trachyte als unveränderte eruptive Gesteine anzuerkennen, so darf man, wenigstens aus der mineralogischen Zusammensetzung der Granite keinerlei Zweifel gegen die Ursprünglichkeit und Eruptivität dieser Gesteine ableiten wollen.

Ueber die scheinbar homogene Grundmasse der Porphyre (der Felsitporphyre und der sog. Trachytporphyre) gewährt das Mikroskop vollständigen Aufschluß. Es lehrt durch directen Nachweis, daß die Vermuthung, diese Grundmasse bestehe aus einem innigen Gemenge von Feldspath und Quarz die richtige sey; man gewahrt in einem dünnen Schliff wasserhelle, mit Flüssigkeitsporen dicht durchsprenkelte Körnchen von Quarz und trübere, grauweiße Feldspaththeilchen, beide Gemengtheile sehr wohl, zumal im polarisirten Licht von einander unterscheidbar; auch die vollständig hornsteinartig aussehenden Grundmassen lösen sich bei großer Dünne und starker Vergrößerung in ein oft marmorähnlich geadertes Gemenge beider Mineralien auf. Die Ansicht aber, daß der Feldspath in diesen Porphyrgrundmassen allemal den Quarz überwiege und die eigentliche Matrix darstelle, bestätigt sich nicht bei allen Gesteinen; sehr viele davon weisen ein ganz anderes quantitatives Verhältniß der Gemengtheile auf, indem der Quarz entschieden an Menge vorwaltet.

In die Orthoklase und Sanidine der Felsit- und sog. Trachytporphyre ragen oft sich verästelnde Adern von Grundmasse hinein, auch umschließen sie isolirte keilförmige Splitter oder unregelmäßige Bruchstücke der Grundmasse. Diese Feldspathkrystalle, die sich dem unbewaffneten Auge und der Lupe als eine gleichartige Masse dar-

stellen, zeigen manchmal in dünnen Schliffen unter dem Mikroskop, daß sie vielfache unregelmäßig gestaltete Einschlüsse von Quarz enthalten. Die Masse der Feldspathkrystalle ist graulich weiß und nur matt durchscheinend, die eingehüllten Quarzpartikelchen farblos, wasserklar, dicht mit Wasserporen durchsät. Ja bisweilen ist der Feldspathkrystall nur ein Netzwerk von Feldspaths substanz, dessen Maschen mit Quarz ausgefüllt sind. Manche solche Gesteine sind durch und durch mit schwarzen undurchsichtigen metallisch glänzenden Magneteisenflimmerchen durchsprinkelt von denen oft keins die Größe von $0,005^{\text{mm}}$ übertrifft. Hornblendekrystalle sind im Schliff bräunlich glasig, stark durchscheinend; in ihnen haben sich meistens in auffallender Weise die Magneteisenkörner concentrirt, so daß das umgränzende Gestein ganz frei davon erscheint.

Die mineralogische Constitution der Basalte und ihrer Mandelsteine offenbart sich vollkommen unter dem Mikroskop und namentlich lassen sich alle Stadien des in dieser Gesteinsfamilie besonders interessanten Zerzetungsprocesses deutlich verfolgen. Die frischesten Basalte, zu denen z. B. der vom Weilberg im Siebengebirge gehört, stellen unter dem Mikroskop das Bild eines grobkörnigen Gemenges von Feldspath und Magneteisen dar. Man sieht ein dichtes Gewirre von Feldspathkrystallen: breitere und größere, klare und stark durchscheinende, Dampfporen enthaltende Krystalle sind eng verwoben mit außerordentlich feinen, oft nur $0,002^{\text{mm}}$ breiten Nadeln. Die Krystalle weisen sämtlich scharfgezogene Ränder auf, jeden einzelnen kann man deutlich unterscheiden. Diefs Gewebe von Feldspathkrystallen ist gleichmäßig mit sehr vielen, gleichgroßen Magneteisenkörnern von vierseitigem oder unregelmäßigem Durchschnitt durchsät. Außerdem gewahrt man spärliche Olivine. Von Augit, den man meistens als Bestandtheil der Basalte voraussetzt, findet man nichts in dieser Basaltgrundmasse; dieses Mineral scheint überhaupt in den Basalten lange nicht so verbreitet zu seyn, als man glaubt. Rechnet man die leichte grünliche oder gelblich-grauliche Färbung spärlicher

Nadeln ab, so zeigen sich keine Spuren einer Umwandlung, namentlich ist von zeolithischer Substanz nichts zu entdecken.

Eine jegliche Lava, sie mag noch so verschlackt seyn, erweist sich unter dem Mikroskop, wenn der Schliff nur dünn genug und die Vergrößerung hinlänglich stark ist als Aggregat von Krystallen. In den basaltischen Laven ist der Augit ebenfalls weniger vertreten, als man anzunehmen gewohnt ist; dagegen sind Magneteisen und Olivin, oft in den allerfeinsten Körnchen recht häufige Gemengtheile. In Feldspathen von neuseeländischen Laven der jüngsten Zeit finden sich die deutlichsten Wasserporen mit beweglichem Bläschen.

Die Pechsteine, wozu auch die vulkanischen zu rechnen sind, sind keine homogene glasartige Substanz, sondern man sieht (z. B. besonders gut an den isländischen, neuseeländischen, ungarischen) unter dem Mikroskop, daß sie aus einem Gewirre von unzähligen schmalen nadelförmigen oft nur haarfeine Striche darstellenden Krystallen bestehen, welche nach allen Richtungen umhergestreut in einer graulichen, braungelblichen oder grünlichen, glasartig scheinenden Masse eingebettet liegen. Die Substanz der nur durch ihre Umrandung unterscheidbaren Krystalle, welche selten die Größe von $0,02^{\text{mm}}$ überschreiten, ist mit der Glasmasse identisch, die wohlerkennbare Gestalt der größeren und breiteren eine klinobasische feldspathartige. Je länger man das Auge an das Krystallgewirre gewöhnt und je stärkere Vergrößerung man anwendet, desto mehr löst sich von der glasartig erscheinenden Grundmasse in Krystalle auf, so daß die Vermuthung nicht zu gewagt ist, bei vollkommnern Beobachtungsmitteln werde sich die ganze Pechsteinmasse als ein Aggregat glasiger Krystallnadeln ergeben. Die porphyrtig ausgeschiedenen Feldspathkrystalle der Pechsteine enthalten sehr deutliche und schöne Glas- und Steinporen dieselben wie die in den Quarzen der Granite, sowie unregelmäßig sich verästelnde Adern von Glas-substanz, welche aus der umgebenden Masse in sie hinein-

ragen. Hier und da sind die Ränder der Feldspathkrystalle nicht scharf, sondern es findet ein allmählicher Uebergang aus der Glas- in die Feldspathsubstanz statt, in welcher Zone die haarförmigen Krystalle in besonderer Anzahl und Deutlichkeit zu beobachten sind.

Eigentliche Structurverhältnisse, deren Darstellung zu weit führt, finden sich z. B. am Pechstein von der schottischen Insel Arran, an Basaltgläsern von Reykir auf Island, an mexicanischen halbglasigen Gesteinen.

Im manchen Perlsteinen scheint die Bildung auch solcher Kügelchen, welche keine radialfaserige Structur besitzen, mit einer Krystallausscheidung im Zusammenhang zu stehen. Bei den charakteristischen Perlsteinen der Euganeen z. B. erscheint die braune fettglänzende Grundmasse unter dem Mikroskop in dünnen Splittern als durchsichtiges Glas; Splitter der erbsengroßen perlgrauen Kügelchen dagegen, stellen sich auch als Glas dar, in welchem aber eine ungeheuere Menge kurzer, schmaler, haarförmiger Krystalle umhergestreut ist, von denen eine Anzahl erst bei einer Vergrößerung von 1500 deutlich hervortritt.

Leydolt hat gezeigt, daß das künstliche Glas keine vollständig amorphe Masse sey, sondern Krystalle enthalte, welche erst durch das Aetzen mit Flusssäure zum Vorschein kommen. Ganz in derselben Weise verhält sich das natürliche Glas, der Obsidian. Sprengt man dünne Splitter davon ab und untersucht sie mit dem Mikroskop so gewahrt man, ganz analog dem künstlichen Glase, dann und wann sehr spärliche Krystallstacheln darin; meistens aber erkennt man selbst bei stärkster Vergrößerung nur eine glasige wasserklare Masse, ohne jegliche Krystallausscheidung. Dagegen ist die Menge der Dampf- oder Gasporen, die sich in manchen Obsidianen darbietet, oft eine sehr beträchtliche; isländische Obsidiane enthalten auf einen quadratischen Raum von $0,005^{\text{mm}}$ Seitenlänge 20 wohlerkennbare Gasporen, was für ein Quadratmillimeter die ganz unfalsbare Zahl von 800,000 Poren ergibt. Schleift man ein dünnes Plättchen von Obsidian und ätzt man es mit dampfförmiger

oder besser mit wässriger Flusssäure, so kommen in der Glasmasse zahlreiche Krystalle zum Vorschein, die ganz denjenigen gleich sind, welche der Pechstein im ungeätzten Zustande zeigt. Auch hier wird durch stärkere Vergrößerung und längere vorsichtige Einwirkung der ätzenden Säure immer mehr von der als Typus einer amorphen Substanz betrachteten Obsidianglasmasse zu Krystallen aufgelöst, so daß diese selbst vielleicht nichts weiter seyn dürfte als ein vorläufig noch unentwirrbares Haufwerk mikroskopischer Krystalle.

Die einfache Lichtbrechung des Obsidians erklärt sich dadurch, daß die nach allen Richtungen umherliegenden unendlich kleinen Krystallnadelchen gar keinen einheitlichen optischen Charakter darstellen können, indem stets die optische Wirkung des einen durch die eines andern gewissermaßen aufgehoben wird.

VI. Untersuchung über die Modificationen, welche das Licht in Glas und mehreren andern Körpern unter dem Einfluß der Wärme erleidet;
von Hrn. H. Fizeau.

(Schluß von S. 114.)

7. Isländischer Kalkspath, Platte No. 7, parallel der Krystallaxe geschnitten.

Dicke der Platte	$E = 6^{\text{mm}}, 771$
Dichtigkeit, nach Malus	$A' = 2,723$
Brechungsindices nach Rudberg für die Linie D	$\left. \begin{array}{l} n \text{ ordentlich} \\ n \text{ außerordentlich} \end{array} \right\} \begin{array}{l} = 1,65850 \\ = 1,48635 \end{array}$

Die Indices, die an dem zu diesen Versuchen angewandten Kalkspath selbst bestimmt wurden, um sich ihrer