

Neptunisch oder Plutonisch?

Studie von Ed. Beyrer.

I. Beschaffenheit der Lava-Gänge.

Schon in frühen Zeiten erkannte man, dass die feuerflüssigen, von den Vulkanen geförderten Massen oft glasig erstarren und dies wurde als sicheres Merkmal der vulkanischen Genesis betrachtet. Ferber hebt aber treffend hervor, dass glasartige Steine nicht bloß mit Laven in Verbindung vorkommen, sondern dass man ähnliche glasige Substanzen auch in den Sedimenten finde (Feuersteine der Scaglia¹). Die glasige Beschaffenheit war also nicht beweisend; doch erkannte man bald, dass allerdings gewisse räumliche und chemische Beziehungen der Gläser zu den Laven ein untrügliches Merkmal für die pyrogene Entstehung der letzteren abgeben. Die bezüglichen Gläser stimmen nämlich chemisch mit den zugehörigen Laven überein und treten gemeinlich als deren Kruste (Schlackenkruste) auf.

Die Neptunisten liessen dies Argument fallen, behaupteten aber im Gegensatze, die sogenannten plutonischen Gesteine, welche keine Schlackenkruste aufweisen, sondern durchaus krystallin sind, könnten unmöglich glutflüssig gewesen sein. In der Folge wurde durch Beobachtung und Versuch die Nichtigkeit dieses Gegenschlusses dargethan. Man lernte, dass auch im Feuer krystalline Massen entstehen (Réaumur's Porzellan) und liess den besagten Einwand fallen.

Als ein zweiter Beweis für die Art der Genesis galt seit jeher das gangartige Auftreten der Gesteine. Aber die Thatsache, dass dies Argument sowohl von den Neptunisten, wie von den Plutonisten zu Gunsten ihrer Hypothese vorgebracht wurde, zeigte zur Genüge die Werthlosigkeit dieser Begründung. Wir wollen die Streitfrage etwas verfolgen.

Bereits im 16. Jahrhunderte hatten die deutschen Bergleute (Mathesius) festgestellt, dass gewisse Erzgänge durch sickernde Lösungen gebildet werden, in anderen Fällen dachte man an jene Schmelz- und Sublimations-Processen, welche die Alchymisten studierten. Im 18. Jahrhunderte standen sich beide Anschauungen feindlich gegenüber. Jede

¹) Ferber: Briefe aus Wälschland 1773, pag. 63.

Partei brachte gute Thatsachen und Begründungen vor, beide aber irrten, indem sie die gegnerischen Anschauungen schlechtweg verwarfen.

Wie die Neptunisten über die Mineralbildung dachten, ersieht man u. a. aus der folgenden trefflichen Betrachtung Trebra's¹⁾. Der Autor betont, wie das Wasser, jener gewaltige Gegner des Bergmannes, in den Tiefen der Erde herrscht und wirkt. Was — fragt er — wird der Bergmann, der in dem sickernden träufelnden Nass arbeitet, dem Geologen wohl antworten, wenn dieser ihn versichert, all' diese Gänge seien durch das Feuer entstanden? Trebra wendet sich von dieser absurden Behauptung der Gegner ab und führt im Sinne der neptunistischen Bergmanns-Schule aus, wie das Wasser durch die Hitze der Erdtiefe erwärmt, Dünste und Gährungen erzeuge und Mineralien in den Gängen bilde²⁾.

Derart waren die Anschauungen der deutschen Schule. Sie waren wohlbegründet; man fehlte nur, indem man sie in unberechtigter Weise generalisirte. Saussure beging diesen Fehler. Er betont, dass die Granite der Alpen ebenso wie die Schiefer aus steil gestellten Schichten bestehen (Bankung), er sieht auch den Granit in dünnen Lagen, Adern und Gängen in den Schiefeln auftreten. Da dieselben Merkmale sich auch bei den Kalk- und Quarzgesteinen finden, betrachtet Saussure den Granit als ein sedimentäres Gestein.³⁾

Die Plutonisten andererseits kümmerten sich nicht im geringsten um diese Anschauungen. Sie behaupteten: Die Lava tritt in Gängen auf, der Granit kommt auch in Gängen vor, also muss der Granit so entstanden sein wie die Lava. Strange hatte diesen Schluss zuerst gezogen⁴⁾ und Hutton verkündete gleichfalls, gestützt auf den Fund eines Granitganges, die plutonische Entstehung des Granites. Der Scheinbeweis wurde seinerzeit und wird noch heute von den unkritischen, aber gutgläubigen Vulkanisten als voll angenommen. In der That aber gibt das gangförmige Auftreten, wie erwähnt, gar keinen Aufschluss über die Genesis. Hutton hatte nur zufällig Recht; erwiesen war seine Anschauung nicht. Er war ein grosser und glücklicher Dogmatiker, aber kein beweisfester Forscher.

Der grelle Gegensatz der zwei besagten Schulen blieb lange bestehen. Einige Forscher waren aber doch auch besonnen genug, die gegnerischen Ansichten zu würdigen und die eigenen Anschauungen zu beschränken. Die gemässigten Vulkanisten gestanden es zu, dass die Neptunisten für die wässerige Entstehung gewisser Mineralien und Ganggesteine Beweise beibringen konnten. Man begnügte sich in der Folge, nur jene Gänge als eruptiv zu bezeichnen, welche Contact aufwiesen oder in deren Massen Fragmente des Nebengesteines eingeschlossen waren⁵⁾.

Die erstere Thatsache bespreche ich im folgenden Capitel, von der zweiten aber behaupte ich, dass sie keinen Beweis für die eruptive

¹⁾ Ausser Trebra treten für den Neptunismus ein: Wallerius Bergmann, Werner, Delius, Pini, Delametherie u. a.

²⁾ Trebra, Erf. aus dem Innern der Gebirge 1785, pag. 29, 38.

³⁾ Saussure, Voyage 1776, S. 599.

⁴⁾ Strange, Phil. Trans. 1775, pag. 5.

⁵⁾ Playfair (Explic. pag. 226) bringt dieses Argument vor.

Natur eines Ganges liefert, indem man ja auch in entschieden hydrogenen Gängen solche „schwimmende“, rings von (wässerigen) Neubildungen umwallte Schollen des Nebengesteines antrifft.

Zum Schlusse erwähne ich, dass vielfach das beiderseitige Auskeilen der Gänge als Beweis gegen die eruptive Genesis angeführt wurde. Bedenkt man aber, dass in den Spalten Weitungen oft abwechseln mit Partien in welchen die gegenüberstehenden Wände aneinandertossen, so ergibt sich allerdings die Möglichkeit, dass der Profilschnitt eines Eruptiv-Ganges ein beiderseitiges Auskeilen aufweist, während der Zusammenhang der Gangsubstanz in anderen Richtungen doch besteht. Diese Ueberlegung beseitigt den vorgeführten Einwand¹⁾.

Blicken wir nun zurück, so finden wir, dass nur die Beziehung der Gläser zu den Laven einen Beweis für die vulkanische Entstehung der Laven liefert; für die plutonische Natur der Granite findet man unter den vorgeführten Argumenten keinen vollen Beweis²⁾.

II. Contact³⁾.

Die Laven bewirken im Allgemeinen Frittung und Verglasung, während die Granite krystalline Umlagerung und Neubildung von Mineralien im Nebengestein erzeugen. Ueberdies findet man die Sedimente, welche über den Graniten lagern, zertrümmert. Beide Gesteine lösen sich von einander bald scharf ab, bald gehen sie ineinander über.

Die Frittung im Contacte mit Laven wurde bereits früher und mit Recht als Beweis für den feurigen Ursprung der Laven aufgefasst. Die Contactwirkungen der Granite liefern hingegen nach meiner Meinung keinen vollen Beweis für die feurige Entstehung dieser Gesteine; denn mancher Kalkstein ist im Contacte mit entschieden sedimentären Gesteinen (Gneiss u. a.) ebenso geartet, wie jener Marmor, welcher an Granit stösst⁴⁾. Die krystalline Umlagerung, die örtliche Zertrümmerung und gegenseitige Durchflechtung werden in ein und dem anderen Falle beobachtet; selbst stoffliche Wandlungen und Neubildung von Silicaten trifft man nicht selten hier wie dort. In der That dürften auch die genetischen Bedingungen in ein und dem anderen Falle nicht sehr abweichen. Feuchtigkeit und erhöhte Temperatur haben hier wie dort gewirkt. Der vorurtheilslose Beobachter wird also dem Schlusse aus dem Granit-Contact auf die Granitgenesis selten ein besonderes Gewicht beilegen.

III. Blasen, Fluctuation, Schlieren, Einschlüsse.

In den Laven trifft man häufig Blasen. Sie werden bedingt durch die Entbindung von Gasen während der Eruption. Meist

¹⁾ Ueber beiderseits auskeilenden Gänge und Gangtrümmer berichten u. a. Zobell u. Carnell in Karst. Arch. 1831, pag. 113. Vgl. Kjerulf, Geol. v. Norwegen übers. 1880.

²⁾ Nur ausnahmsweise kann man von granitischen Gängen mit Sicherheit die eruptive Natur behaupten, wie im Capitel „Tektonische Gründe“ gezeigt werden wird.

³⁾ S. meine Studie über Predazzo. Jb. geol. Reichsanst. Wien 1881, insbesondere das Capitel Canzocoli.

⁴⁾ Vgl. Balzer: Beitr. geol. Karte d. Schweiz 1880, Lieferung 20. (Ueber Contact im Gebiete des Aarhorn.)

sind dieselben flachgedrückt und es entspricht die Lagerung dieser linsenförmigen Hohlräume allemal der Bewegung des Gesteinsbreies. In Strömen liegen die Blasenlinsen flach, in Gängen stehen sie senkrecht und überdies fällt in letzterem Falle die lange Axe des Hohlraumes mit dem Streichen des Ganges zusammen. Mitunter sind die Blasen mit Zersetzungsproducten des Gesteines (Zeolith, Calcit u. a.) erfüllt¹⁾.

Aus Form und Anordnung dieser Blasen, beziehungsweise Mandeln schlossen die Vulkanisten auf die vulkanische (beziehungsweise plutonische) Entstehung der betreffenden Gang- oder Strommassen. Auch aus der stromigen Anordnung der Krystalle²⁾ (Fluidal-Structur) erschloss man die eruptive Genesis.

In den meisten Fällen mag dies zutreffen, es ist aber wohl auch möglich, dass in kühlen Breimassen Blasen und Krystalle vorkommen; diese werden aber natürlich auch in der Richtung des Fließens sich anordnen. Man denke an die Gänge von Sand, Schlamm, Gyps, Schiefer, Kalkstein und an die Schlammströme, welche den Eruptivmassen tektonisch gleichen mögen, die aber doch nicht als Laven gedeutet und bezeichnet werden dürfen.

Neuerlich betont Lehmann, dass Einschlüsse in Gängen einen Beweis für die eruptive Genesis liefern, wenn sie entweder gefrittet sind, oder nachweislich aus der Tiefe stammen³⁾. Das erste Argument ist wie oben erwähnt, beweiskräftig, die zweite Erscheinung aber kann ebenso wie die eben vorgeführten Phänomene auch bei neptunischen Breimassen, welche durch Spalten aufsteigen, statthaben. Wir haben also wieder nur einen Beweis für die Laven, nicht aber für die Granite.

Als ferneres unterscheidendes Merkmal wird die Schichtung bezeichnet, welche nur bei Sedimenten vorkommen soll, während die Eruptivmassen homogen und massig sein sollen. Auch diese Merkmale sind unkräftig wie die folgende Ausführung zeigt: Wo ein schlieriger Eruptivteig empordringt, da stellen sich die blattförmigen Schlieren parallel den Gangflächen. Wenn die schlierige Masse sich horizontal als Strom ausbreitet, nehmen die Schlieren gleichfalls eine mit der Ergussbewegung harmonirende Form an, sie breiten sich blattförmig aus und erzeugen eine Art Schichtung. Beim folgenden Erstarren tritt in Folge der ungleichartigen Zusammenziehung der verschiedenen Schlieren eine bankförmige Klüftung ein. Hierdurch wird die Aehnlichkeit mit Sedimenten noch schlagender.

In den eruptiven Gängen tritt überdies in der Nähe des Salbandes eine andere Art der Molekulargruppirung auf, als in der Mitte des Ganges; auch werden diese Partien in Folge nachträglicher Metamorphose anders geartet, als die centralen Theile. Dies, vereint mit der Schlieren-Anordnung, bewirkt Erscheinungen, welche mitunter der symmetrischen (blattförmigen) Anordnung in wirklich hydatogenen Gängen gleichen.

¹⁾ Die Mandeln der sog. Mandelsteine (porösen Laven) wurden noch in den ersten Decennien unseres Jahrhunderts nicht als Secretionen, sondern fälschlich als Concretionen gedeutet. Viele Neptunisten brachten den Trugschluss vor: Kalkknoten kommen in vielen sog. Eruptivgesteinen vor. Der Kalk kann im Glutflusse nicht bestehen, folglich sind diese Gesteine nicht eruptiv.

²⁾ Macculloch, *Geology* 1831, I, 208.

³⁾ Lehmann: *Zeitschr. d. D. geol. Gesell.* 1878, pag. 548.

Andererseits gibt es Sedimente und hydatogene Gänge, welche sehr homogen und massig sind, in dieser Beziehung also den massigen Eruptivgesteinen gleichen.

Es ist mithin offenbar, dass auch diese Merkmale keinen sicheren Aufschluss über die Genesis geben.

Von grösserer Bedeutung ist die Art der (meist mikroskopischen) Einschlüsse in den Eruptivgesteinen: Glaseinschlüsse herrschen in den Laven, Flüssigkeitseinschlüsse in den Graniten. Die ersteren beweisen natürlich ebenso wie die glasige Kruste der Laven deren glutflüssige Entstehung. Flüssigkeits-Einschlüsse können aber natürlich auch in hydatogenen Massen vorkommen¹⁾. Die Neptunisten haben die Flüssigkeits-Einschlüsse der Quarze bekanntlich zu ihren Gunsten gedeutet, während Spallanzani, Menard, Faujas, Breislak und andere hervorheben, dass im plutonischen Wasser-Glutfluss auch Flüssigkeits-Einschlüsse bestehen können. Jedenfalls bietet das vorgeführte Argument keinen Beweis für die Genesis.

Ueberhaupt finden wir unter allen vorgeführten Anzeichen nur solche, welche die vulkanische Genesis der Laven erweisen, während die „plutonische“ Entstehung der Granite durchaus hypothetisch bleibt.

IV. Tuffe.

Die Tuffe wurden schon seit den ältesten Zeiten von den Vulkanisten als Argument vorgeführt. Bei den Porphyren und Graniten tritt die Masse der Tuffe zurück. Ueberdies sind dieselben meist eingestreut in die gleichartigen Gebilde des Meeresbodens, sie mischen sich und wechsel-lagern mit ihnen. Durch Metamorphismus haben sie fast immer ihren ursprünglich losen Charakter verloren, sie sind oft nicht bloß cementirt, sondern durch krystalline Umlagerung so tief umgewandelt, dass sie eher einem massigen Eruptivgestein, als einem Tuff gleichen. Es ist also durch dies Merkmal nur die Natur der vulkanischen Gesteine gekennzeichnet, während das Argument nur selten für die Erkennung der Granit-Genesis massgebend wird.

V. Mineral-Genesis.

Weitere Argumente suchte man in der erfahrungsmässig feurigen, beziehungsweise wässerigen Entstehung gewisser Minerale. Die Neptunisten behaupteten, da die Eruptivgesteine, in unseren Oefen geschmolzen, nie wieder mit ihrem alten Charakter erstarrten, könnten sie auch in der Natur nicht in dieser Weise entstanden sein. Dagegen wurde gezeigt, dass Augit, Olivin und andere Mineralien allerdings in den Ofenschlacken sich bilden, dass man sie auch durch Zusammenschmelzen der Bestandtheile erzeugen könne²⁾.

¹⁾ In solchen Massen können auch, wenn sie unter bedeutendem Drucke gebildet wurden, Einschlüsse von flüssiger Kohlensäure vorkommen. (Einschlüsse im Quarz der Schiefer.)

²⁾ Hausmann: Ueber Bildungen bei hütt. Proz. Göttinger gelehrter Anzeiger 1816 f. Mitscherlich: Abh. Akad. Berlin 1823, pag. 25; Berthier: Ann. Chim. 1828. Vgl. die Literatur in C. Fuchs: Künstl. Minerale 1870 und Schott: Schmelzverbindungen 1831.

Ferner wurde nachgewiesen, wie Lösungsmittel die Krystallisation gewisser Stoffe ermöglichen. Ebelmen löst Silicate in Substanzen, welche bei hoher Temperatur langsam verdampfen¹⁾. Forchhammer verwendet Chlornatrium als Fluss- und Lösungsmittel²⁾. Endlich wurde wiederholt³⁾ gezeigt, dass wir in unseren Oefen eben die Art des Glutflusses, welchen die Natur anwendet, nicht erzeugen können. Natürlich konnten in der trockenen Ofenglut viele der Mineralien, welche in der natürlichen feuchten Glut entstanden, nicht gebildet werden.

Als man in der Folge im Laboratorium die feuchte Glut anwendete, kam man auch den Erzeugnissen des natürlichen Glutflusses näher. Schafhäutl hat durch den Versuch zuerst gezeigt, wie energisch Wasser unter hohem Drucke und bei hoher Temperatur wirkt. Er löste Kieselsäure im papinianischen Topf. Morlot verwandelte unter derartigen Verhältnissen Kalkstein in Dolomit. Senarmont stellte auf gleiche Weise viele Mineralien dar⁴⁾. Der Quarz und andere Mineralien bildeten sich in Daubrée's feuchtglühender geschlossener Röhre.

So war festgestellt, dass die molekulare Umlagerung durch die Gegenwart von durchtränkenden Liquiden wesentlich begünstigt wird.

Eine andere Serie von Versuchen aber zeigte, dass unter übrigens günstigen Erstarrungs-Bedingungen eine krystalline Lagerung auch platzgreift, wenn die besagten Beförderer der Umlagerung nicht mithelfen. Schon im vorigen Jahrhunderte hatte Réaumur gezeigt, dass die Gläser nur dann ihren eigenthümlichen Charakter erhalten wenn der Uebergang vom flüssigen in den festen Zustand rasch erfolgt. Köhlen die Massen hingegen langsam ab, so bilden sich Krystalle. Es genügt sogar, die glasige Masse längere Zeit in einer hohen Temperatur zu erhalten, um derartige Umlagerungen im festen Körper herbeizuführen. Das Glas wird dann mit der Zeit trüb und endlich durch und durch krystallin. Neuerlich haben Fouqué und Lévy verschiedene Mineralpulver oder entsprechende Mischungen der Oxyde geschmolzen und dann lange im Zustande der beginnenden Erstarrung erhalten; immer bildeten sich unter diesen Umständen in der teigigen Schmelze Krystalle. So gelang es, die verschiedenen Feldspathe Nephelin und Leucit herzustellen. Mithin war experimentell dargethan, was schon vordem jeder Lavaström deutlich ausgesprochen hatte, dass all' diese Mineralien in der That aus der glühenden Schmelze sich ausscheiden können.

Andererseits hatte man aber auch erkannt, dass die Möglichkeit, ein Mineral bei hoher Temperatur herzustellen, durchaus kein absoluter Beweis für die vulkanische (beziehungsweise plutonische) Genesis aller derartigen Gebilde sei. Diese Erkenntniss verdankt man begreiflicherweise vorwiegend den Bemühungen der Neptunisten, welche zeigten, dass fast alle natürlichen Mineralien in gewissen Fällen aus wässerigen

¹⁾ Ebelmen Ann. Chem. 1821 f.

²⁾ Forchhammer: Ann. Chim. u. Pharmacie 1854.

³⁾ Spallanzani: Viaggi 1794, Cap. 20.

⁴⁾ Schafhäutl: München. Gel. Anzeiger 1845. Morlot, in Haidinger's naturwiss. Abl. 1847. Senarmont: Ann. Chim. 1849.

Lösungen abgetrennt werden und dass man auch experimentell viele derselben in solcher Weise darstellen kann¹⁾.

So gelangen wir zu der Erkenntnis, dass die Frage nach der Genesis der Gesteine durch das Vorkommen der Mineralien nicht aufgehellt wird, weil diese eben meist nicht nur in einer, sondern in verschiedener Weise entstehen können²⁾.

VI. Hydatogener Granit.

Wir haben bisher für die plutonische Entstehung des Granites keinen vollen Beweis vorbringen können. Wohl aber kann man von gewissen Graniten mit Sicherheit ihre wässerige Entstehung behaupten³⁾.

Die charakteristischen Merkmale dieser von Rath, Hunt⁴⁾ und Credner untersuchten Gebilde sind nach Credner die folgenden:

1. Ein bestimmter Zusammenhang der betreffenden Granite (Gänge) mit der chemischen Beschaffenheit der Wandgesteine.

2. Symmetrische Ausscheidung parallel den Gangwänden. Die frei ausgebildeten Gangflächen der Krystalle schauen gegen das Gangcentrum.

3. Ansmiegung der Granitmasse an Verwitterungsformen des Nebengesteines.

4. Anschliessen der Krystalle an den Wänden des Nebengesteines⁵⁾.

Die Gründe 1 und 3 bilden in der That einen vollen Beweis, während die unter 2 und 4 angeführten Erscheinungen allerdings auch an entschieden pyrogenen Gesteinen beobachtet werden.

VII. Eruptive Sedimente.

Nicht selten trifft man hydatogene Gesteine in Formen, welche den eruptiven gleichen. Schlamm, Thon, Mergel, Schiefer, Kalk, ja krystalline, metamorphe Gesteine wie Marmor und Gneiss treten gangförmig auf, sie dringen in benachbarte Gesteine ein und bilden mit diesen wirt durchknetete Breccien u. s. f.⁶⁾

Einige Autoren haben von diesen Erscheinungen ausgehend, gefolgert, dass auch diese Gesteine mitunter nach Art der Laven gefördert werden.

¹⁾ S. die Literatur in Naumann: Geognosie 1850 I, S. 783, 745 f. Zirkel Petrogr. I. 162. Boué: Sitzber. Akad. Wien 1865. C. Fuchs: künstl. dargest. Mineralien.

²⁾ Schon Leibniz (Protogæa ed. Scheid pag. 63) hob hervor, dass viele Dinge sich nicht bloss durch Wasser, sondern auch durch Feuer lösen lassen. Aus den flüssigen Dingen oder auch aus dem Rauch sammelte sich das Feste und werde durch die geometrische Kraft der Natur figurirt.

³⁾ Vgl. Naumann: Geogn. 1850 II, 253, 261. Zirkel: Petrogr. II, 345 f. Ich übergehe die negativen Merkmale, welche die Neptunisten vorgebracht haben (Mangel der Frittung und Verglasung etc.).

⁴⁾ Hunt: Geol. of Canada 1863, 476, 644. Americ. J. 1871, I. 182; 1872 III, 115. Rath Zeitschr. d. D. geol. Ges. 1870, pag. 644 f.

⁵⁾ Credner: Zeitschr. d. D. geol. Ges. 1876, 134, 152, 218.

⁶⁾ Vgl. die Literatur in meiner Studie über Bewegung im Festen Jb. geol. Reichsanst. 1881 und die reichen Studien von Balzer.

Andere haben sich begnügt, die Aehnlichkeit der Erscheinung zu betonen, ohne sich über die Genesis auszusprechen. Ich glaube, dass die Entstehung derartiger Gebilde in zweierlei Weise gedacht werden kann. Erstens mögen die Massen wirklich schlammig gewesen sein und in Folge hohen Druckes in Klüfte der an- und überlagernden festen Gesteine gepresst worden sein; zweitens können sie in Folge lang dauernden Druckes sich allmählich plastisch umgeformt und den äusseren Verhältnissen angepasst haben.

Die Aehnlichkeit mit gewissen Formen der Eruptivmassen ist schlagend; doch verdient hervorgehoben zu werden, dass fast nur intrusive Formen vorkommen, während eruptive Formen selten sind.

Nur Schlamm kann nachweislich auf Spalten empordringen und dann als Decke oder Strom sich ausbreiten gleich der Lava. Mergel, Schiefer, Kalk, Gneiss hat man aber immer nur intrusiv und nie in Form von Ergüssen angetroffen.¹⁾

Was die Temperatur betrifft, können wir wohl behaupten, dass in Folge der Umformung und mechanischen Bewegung eine nicht unbedeutliche Wärmeentwicklung eintreten kann; für eine Erhitzung bis zum Glühen liegen aber keinerlei Beweise vor.

Es gibt also, wie wir sehen, allerdings neptunische Massen, welche die Eruptivformen nachahmen, doch erscheinen sie fast ausnahmslos nur intrusiv und scheinen auch nie jene hohen Temperaturen zu besitzen, welche den echten Eruptivmassen eigen sind.

VIII. Coexistenz.

Die Neptunisten des vorigen Jahrhunderts machten darauf aufmerksam, dass man in vielen „vermeintlichen“ Eruptivgesteinen Kalk und Zeolith-Einschlüsse trifft. Sie schlossen: Die besagten Mineralien können im Schmelzflusse neben den anderen Silicaten nicht bestehen also auch nicht entstehen²⁾. Die Vulkanisten zeigten dagegen, dass die Mandeln von Anfang überhaupt nicht bestanden, sondern nur ausgefüllte Blasen der Laven seien³⁾.

Gewichtiger war der Einwand, dass man im Contact mit Granit Kalk trifft, welcher weder gebrannt, noch mit dem Granit zu einer basischen Schlacke zusammengeschmolzen ist.

Die erstere Thatsache erklärte Hutton durch die Annahme, dass der Druck eben das Entweichen der Kohlensäure verhindere⁴⁾. Der andere Einwand aber wurde immer wieder mit Erfolg vorgebracht⁵⁾.

¹⁾ Dies spricht dafür, dass der schlammige Zustand in grösseren Tiefen selten ist und dass die meisten Gesteine hart-plastisch sind, wenn sie von der Gebirgsbildung bewältigt werden.

²⁾ Bergmann, Werner, Saussure, Dolomieu u. a. betonen derartige scheinbare Widersprüche. Vgl. Kirwan: Geol. Essays 1799, pag. 458; Mackensic: Travels in Iceland 1811.

³⁾ Spallanzani: Viaggi: Macculoch: Geol. 1831, I. 186.

⁴⁾ Hall bewies dies experimentell. Vergl. Berzelius: H. Mineral. 1840, pag. 86.

⁵⁾ Klaproth (Beitr. I, 12) zeigte, dass bei hoher Temperatur Kohlensäure durch Kieselsäure ausgetrieben wird, während nach Bischof das Umgekehrte bei niedriger Temperatur stattfindet.

Dagegen muss betont werden, dass was in unserer trockenen Ofenglut gilt, durchaus nicht in der feuchten Lavaglut zu Recht besteht. Die Kalkauswürflinge der Vulkane, die von Lavaströmen und Gängen umgewandelten Kalksteine zeigen zur Genüge, dass die Carbonate, welche im Schmelztiegel durch die Silicate besiegt werden, der feuchten Lavaglut wohl widerstehen können.

Endlich wurde gegen die pyrogene Entstehung der Umstand vorgeführt, dass oft hydratische Minerale im selben Gestein neben wasserlosen Gebilden vorkommen. In diesem Falle fragt es sich aber erstens ob die Hydrate nicht nachträgliche Bildungen sind, zweitens muss berücksichtigt werden, dass bei hohem Drucke eine Hydratbildung selbst im glühenden Silicatmassen wohl denkbar ist.

IX. Reihenfolge der Ausscheidungen.

De Launey dürfte wohl zuerst die Aufmerksamkeit auf die Reihenfolge der Ausscheidungen gelenkt haben¹⁾. Bei Verfolg dieser Erscheinung traf man bald auf ganz überraschende Thatsachen. Man fand, dass der Quarz der Granite den leichten schmelzbaren Feldspath umhüllt, dass Turmalin mit wohl ausgebildeten Flächen in den Quarz des Granites hinein ragt, dass der äusserst schwer schmelzbare Leucit neben dem leichtflüssigen Augit auftritt, ja denselben umschliesst.²⁾

Die Neptunisten glaubten, diese Argumente zu Gunsten ihrer Anschauung verwerthen zu können. Die Plutonisten andererseits suchten die merkwürdige Erscheinung zu erklären. Man wusste, dass gewisse Körper weit unter den Schmelzpunkt gebracht werden können, ohne zu erstarren. So kann das Wasser, welches mit Oel bedeckt ist, bei -12° abgekühlt werden (Fahrenheit, Lussac), Litofellinsäure, welche bis 205° schmilzt, kann darnach bei günstigen Verhältnissen bis auf 105° abgekühlt werden, ohne starr zu werden (Wöhler), geschmolzener Schwefel bleibt 90° unter seinem Schmelzpunkte noch durch Wochen weich (Ballini, Faraday). Uebersättigte Salzlösungen scheiden, wenn man ihre Oberfläche mit Oel bedeckt, lange Zeit keinen Krystall aus, geschmolzener Quarz bleibt auch bei niedriger Temperatur einige Zeit lang plastisch (fadenziehend) u. s. f.

Auf solche Erfahrungen gestützt, versuchte Fournet die oben erwähnten Erstarrungs-Verhältnisse in Eruptivgesteinen zu erklären. Er behauptete, der Quarz könne eben unter Umständen im erstarrenden Glutbrei auch weit unter einen normalen Schmelzpunkt abgekühlt werden, ohne zu erstarren³⁾. Ferner betont derselbe Autor, dass krystalline Körper einen anderen Schmelzpunkt

¹⁾ Launey: Essai sur l'histoire des roches 1786, pag. 6 f.

²⁾ Hall: Trans. Roy. Soc. Edinb. 1794: pag. 94; Kirwan: Geol. essays 1799, pag. 458; Breislak: Struct. de globe 1822; N. Fuchs: Acad. München, 1837; Keilhau: Gaa Norwegica; Petzoldt: Geol. 1845. 314 f.; Bischof Geol. II, 492 etc.

³⁾ Fournet: Compt. Rend. 1844, Bd. 18, pag. 1057. N. Jb. f. Mineral. 1844, pag. 607 f. Durocher äussert sich übereinstimmend: Compt. Rend. 1845, pag. 1277 u. Bul. soc. geol. (2) IV. 1847, pag. 1018. Der Autor betont übrigens, dass die hervorgehobene Reihenfolge der Ausscheidungen in den Graniten durchaus nicht regelmässig auftrate, sondern dass örtlich ein Bestandtheil bald vor, bald nach einem anderen sich abscheide.

haben als deren amorphe Art. Die amorphe Leucitsubstanz ist leicht schmelzbar, während der Leucit-Krystall sehr schwer schmilzt. Das gemeine Glas ist leicht schmelzbar, während Réaumur's Porzellan einen hohen Schmelzpunkt besitzt.

Die Hochofenschlacken, welche durch Zusammenschmelzen der Bestandtheile leicht dargestellt werden, können wenn sie einmal erstarrt sind, nur durch sehr hohe Temperaturen wieder in Fluss gebracht werden¹⁾. Dies verschiedene Verhalten habe vielleicht auch die Erstarrungsfolge der Mineralien in so auffallender Weise beeinflusst.

Ein drittes Moment betont Bunsen. Er zeigt, dass die Temperatur, bei welcher ein Körper allein fest wird, oft sehr abweicht von der Temperatur, bei welcher er aus einer Mischung mit anderen Körpern (aus einer Lösung) abgeschieden wird. Viele schwer schmelzbare Körper zerfliessen leicht in Wasser; der Graphit, welcher an sich unschmelzbar ist, löst sich im flüssigen Eisen und scheidet sich bei verhältnissmässig niedriger Temperatur krystallin aus²⁾.

Aehnliche Erfahrungen bieten viele andere Körper, welche an sich schwer oder unschmelzbar, leicht in Fluss gerathen, sobald sie mit anderen Körpern gemischt werden. Es treten in diesen Fällen eben chemische Beziehungen ein, welche dem Körper einen neuen Charakter verleihen.

Scheerer, welcher ausser den betonten Verhältnissen auch das Vorkommen pyrogomer³⁾ und wasserhaltiger Mineralien im Granit als auffallend hervorhebt, führt als vierten wesentlichen Grund an, dass diese Gebilde eben offenbar unter Bedingungen entstanden, welche abweichen von den Verhältnissen unseres Ofenflusses⁴⁾. Er schliesst sich der Meinung der Geologen an, welche die Laven als durchwässerte Glutfüsse bezeichnen und meint, dieser Umstand möge allerdings die Erstarrungs-Verhältnisse bedeutend modificiren⁵⁾.

Mineralien von nur verschiedenen Eigenschaften, insbesondere von verschiedener Schmelzbarkeit können also in eruptiven Gesteinen ganz wohl nebeneinander bestehen; abgesehen davon können sie aber, wie oben betont wurde, nachträglich eingeführt und hydatogen sein.

Blicken wir zurück, so finden wir nirgends ein sicheres Argument für die plutonische Entstehung der Granite.

Trotzdem oder richtiger eben desshalb wurde über diese Frage mit grosser Erbitterung gestritten. Hätte es sich um Erkenntniss der Wahrheit gehandelt, so wäre die Forschung ruhig vorgegangen; da es sich aber um Meinung und Glauben handelte, musste die ruhige Discussion der hitzigen, dogmatischen Polemik weichen. Bis in die Mitte unseres Jahrhunderts währte der Kampf und da wurde er nicht etwa

¹⁾ Fournet. Compt. Rend. 1861, Bd. 53, pag. 179. Erstarrte Schlacken werden zum Auskleiden der Schmelzöfen gebraucht und widerstehen einige Zeit recht gut.

²⁾ Bunsen. Zeitschr. d. D. geol. Gesell. 1861, pag. 61.

³⁾ Die pyrogomen Mineralien entwickeln beim Erwärmen plötzlich Licht und Wärme.

⁴⁾ S. die einschlägige Literatur in Naumann: Geol. I.; 736 f. Zirkel Petrogr. II. 354 f.; Roth: Geol. 1879 I. 40.

⁵⁾ Scheerer: Bul. soc. geol. (2) IV. pag. 468. N. Jb. Mineral. 1847, pag. 856.

entschieden, sondern nur aufgegeben, weil man die Fruchtlosigkeit der Bemühungen einsehen gelernt hatte.

Wenige waren in dem Streite ruhig und klar geblieben. Unter ihnen nenne ich Ferber, dessen treffliches Urtheil über seine Zeitgenossen ich hier wiedergebe:

„So geht es (sagt er in einem seiner Briefe aus Wälschland 1773) — wir sind gar zu geneigt, aus Beobachtungen in einzelnen Ländern allgemeine Sätze abzuleiten und uns zu schmeicheln, alle Kräfte der Natur erschöpft zu haben, wenn wir nur ihre Wirkungen nach einer einzigen Methode und deren Ursachen in dem einen Falle richtig erforscht haben — als ob die Natur nicht denselben Zweck durch verschiedene Mittel ausführen könnte.

„Oft habe ich auch hier in Wälschland Proben davon, wo man nach dem Vergeltungsrecht gegen unsere ultramontanischen Mineralogen (die vielleicht zu viel der flüssigen Entstehung zuschreiben) alles vulkanisch erklären will, was man von anderen Ländern, wo doch wenig oder keine Vulkane sind, gehört hat.

„Glücklich, wer die Mittelstrasse geht und sich in keine Hypothesen einlässt, nicht zu früh glaubt, aber auch alsdann glaubt, wenn er sieht und was er sieht, sollte es auch seinen vorigen Begriffen widerstreiten“.

Ich beschliesse hiemit meine Besprechung der unzulänglichen Argumente und wende mich zu den tektonischen Gründen. Wir werden zum Schlusse sehen, wie man in den Stand gesetzt wird, nicht blos die eruptive Natur, sondern auch die den Laven verwandte Genesis der „plutonischen“ Gesteine zu behaupten und zu erweisen.

X. Tektonische Gründe.

Der Tektoniker unterscheidet drei Typen der Eruptivmassen:

1. Bei den Tuffvulkanen treffen wir Tuffkegel von antiklinalem Aufbau; grobe Auswürflinge liegen nahe dem Centrum. Die Ströme haben einen charakteristischen inneren Bau (Concordanz der Schlieren, der Fluctuation und der Blasen mit der Stromform); sie lagern sich peripherisch um den Tuffkegel und schauen mit dem dicken Stromende vom Centrum weg. Die Gänge sind radial angeordnet; sie haben einen analogen inneren Bau, wie die Strommassen.

2. Bei vulkanischen Massenergüssen bleibt von all' diesen Merkmalen nur der innere Bau der Ströme und Gänge massgebend. Ausserdem treffen wir hier wie bei den Tuffvulkanen mitunter schlackige Stromoberfläche, Verglasung im Contact und immer Glaseinschlüsse. Diese petrographischen Merkmale treten also bei den Vulkanen ergänzend zu den tektonischen Beweisen.

3. Bei den granitischen (plutonischen) Gesteinen fallen die zuletzt genannten petrographischen Merkmale fort und wir bleiben beschränkt auf die tektonischen Argumente.

Wir haben bereits angedeutet, dass man ausnahmsweise die intrusive Natur eines Granitganges behaupten kann:

1. wenn ein Gang mit gleichem Habitus durch verschiedene Gesteine setzt¹⁾.

¹⁾ Naumann, Geol. 1850 II. 253, 262.

2. wenn man in der Gangmasse Fragmente der Nebengesteine trifft, welche unzweifelhaft aus der Tiefe herauf gefördert worden¹⁾.

Nun muss ich aber hinzufügen, dass durch diese tektonischen Merkmale aber nur die intrusive, nicht aber die plutonische Genesis derartiger Gänge dargethan wird. Die Gangmasse war diesen Anzeichen zufolge gewiss ein intrusiver Brei, die lavaartige Beschaffenheit und hohe Temperatur dieses Breies aber können wir, gestützt auf die vorgebrachten Argumente, höchstens glauben und behaupten, durch- aus aber nicht beweisen.

Dasselbe gilt von den Blasen der Schlieren und den Fluctuation in plutonischen Gänggesteinen.

Wir wenden uns endlich zur Betrachtung der Tektonik der plutonischen Massenergüsse. Ich habe diesbezüglich a. a. O. ausgeführt, dass dieselben entweder einseitig oder symmetrisch sind. In letzterem Falle breiten sich die Massen fladenförmig aus; über dem Eruptionsgange baut sich eine elliptische Quellkuppe auf, deren Längsaxe mit dem Streichen des Ganges harmonirt. Schlieren und Fluctuation nehmen eine der Ergussbewegung entsprechende Lagerung ein. Oft liegen unsere Kuppen in einer Linie hintereinander in der Weise, dass ihre Längsaxen mit der Eruptionslinie (Spalte) harmonirt. Die Ergussmassen werden bedeckt von Sedimenten; die Erstarrungs-Kruste und die Sedimente werden von jüngeren Nachschüben durchbrochen (Schlierengänge, Apophysen). Dies sind die Merkmale, welche die eruptive Natur der Granitmassen unwiderleglich erweisen. Aber wieder müssen wir, wenn wir offen sein wollen, gestehen, dass all' diese Thatsachen nur die eruptive Genesis, nicht aber die hohe Temperatur des Granitteiges erweisen. In diesem Sinne haben sich mehrere hervorragende Forscher ausgesprochen²⁾ und Bischof meint, eine solche vermittelnde Auffassung ermögliche das Verständniss zwischen Neptunisten und Plutonisten³⁾.

Trotzdem kam eine solche vermittelnde Hypothese niemals zur Herrschaft. Niemand wollte an kühlen eruptiven Granitschlamm oder Teig glauben, immer allgemeiner wurde die Lehre von der lavaartigen Beschaffenheit der Granitmassen. Ich selbst habe dieser Lehre immer gehuldigt; als ich aber die Gründe kritisch prüfte, fand ich, dass keiner beweiskräftig war und dass wir alle die besagte Lehre nur ruhig glauben, ohne sie bewiesen zu haben.

Doch schien mir die lavaartige Natur der Granitmassen so plausibel, dass ich nicht zweifelte, man könne schlagende Argumente beibringen. Und in der That habe ich den Beweis endlich gefunden. Er liegt nicht in petrographischen Eigenschaften, nicht in tektonischen Merkmalen, sondern nur in dem Verbande und der Analogie zwischen Granit, Porphyry und Lava.

Ich erinnere an die folgenden Thatsachen: Die Granitmassen stehen häufig mit Porphyren durch Uebergänge in Verbindung und diese gehen wieder in Laven über. Man trifft ältere granitsche Ergüsse mit

¹⁾ Lehmann: Zeitschr. d. D. geol. Ges. 1878, pag. 548.

²⁾ Breithaupt: Paragenesis 1849, 67; Cotta: geol. Briefe pag. I. 10.

³⁾ Bischof, Geol. 1855 II. 1088.

porphyrischer Aussenseite (Kruste), wohl auch mit porphyrischen Schlieren. Darüber folgen mitunter jüngere Porphyre und Laven, welche local noch an die Granite mahnen. Diese innige Verknüpfung der Granite mit Gesteinen, deren vulkanische Entstehung erwiesen ist, liefert nach meiner Meinung den einzigen Beweis, dass auch die Granite als Lavaarten aufzufassen sind.

. Die Zusammengehörigkeit von Granit, Porphyr und Lava wird ausser durch den örtlichen Verband und die übereinstimmenden tektonischen Merkmale auch durch die chemische und mineralische Analogie erwiesen. Der einzige Unterschied der besagten Gesteinstypen liegt in der Art der Ausbildung der Gemengtheile, im Vorwalten, beziehungsweise Zurücktreteten der Grundmasse, endlich in der Art der Einschlüsse.

Diese Differenzen zeigen uns aber an, dass wir es hier mit verschiedenen Erstarrungs-Arten ein und desselben Magma zu thun haben.

Unser Ergebniss ist demnach folgendes:

Die Natur der vulkanischen Producte wird erkannt aus der Analogie mit thätigen Vulkanen. Der Beweis stützt sich auf tektonische und petrographische Merkmale.

Für die plutonische Natur der Granite gibt es keinen petrographischen Beweis und die tektonischen Gründe gestatten uns auch nur die Behauptung, dass der Granit unter Umständen als eruptiver Brei auftritt. Dass der Granit ein glühender, lavaartiger Brei war, können wir nur gestützt auf Analogie und Verband zwischen Granit, Porphyr und Lava behaupten.

I n h a l t.

	Seite
I. Beschaffenheit der Lava, Frittung, Gänge	331
II. Contact	333
III. Blasen, Fluctuation, Einschlüsse	333
IV. Tuffe	335
V. Mineralgeneseis	335
VI. Hydatogener Granit	337
VII. Eruptive Sedimente	337
VIII. Coexistenz der Mineralien	338
IX. Reihenfolge der Ausscheidungen	339
X. Tektonische Gründe; Ergebniss	341
