

4. Untersuchungen über die Entstehung der Gesteine.

Von Herrn DELESSE in Paris.

(Aus dem *Bullet. de la Soc. géol. de France* [2] T. XV. p. 728 von dem Herrn Verfasser für die Zeitschrift mitgetheilt und im Auszuge übersetzt von Herrn E. SOECHTING in Berlin.)

Die Untersuchungen über die Entstehung der Gesteine, welche die Rinde unserer Erde zusammensetzen, begannen zugleich mit der Ausbildung der Geologie selbst. Da sie sich jedoch anfänglich nur auf unvollständige Begriffe stützten, mussten sie nothwendig zu Irrthümern verführen. So sieht man denn auch die entgegengesetztesten Systeme abwechselnd die Oberhand gewinnen. Während LEIBNITZ, DESCARTES, BUFFON, HUTTON, PLAYFAIR, SIR JAMES HALL, DOLOMIEU, DESMAREST den Ausbruchsgesteinen einen feurigen Ursprung zuschreiben, lassen BERNARD DE PALISSY, WERNER, KIRWAN, MOHS, JAMESON dieselben sich auf wässerigem Wege gebildet haben. Nur die vulkanischen Gesteine hat man allgemein aus dem Streite gelassen, da man ihre Entstehung als eine durch augenscheinliche Beobachtung festgestellte angesehen hat. Diesen ausschliessenden Systemen zu Folge kann eine Felsart nur mit Hilfe entweder des Wassers oder des Feuers gebildet sein; es scheint, als habe man nur einen dieser beiden Fälle als möglich denken können.

Da ich mich lange Zeit mit Untersuchungen über die Natur der Gesteine beschäftigt habe, musste ich auch auf die Frage nach ihrer Entstehung geführt werden, eine Frage, welche in unseren Tagen schon von den ausgezeichnetsten Geologen behandelt wurde, wie von A. V. HUMBOLDT, E. DE BEAUMONT, LYELL, MURCHISON, G. BISCHOF, DANA, DAUBENY, POULLET SCROPE, SEDGWICK, HOPKINS, V. LEONHARD, B. COTTA, BURAT, SOBRY, STUDER, HAUSMANN, BOUÉ, KEILHAU, FOURNET, ANGELOT, VIRLET, DUROCHER, BUNSEN, ROGERS.

Noch heute, wie in den ersten Zeiten der Geologie, verfiicht man die widersprechendsten Ansichten, so dass für die Aufstellung von allerhand Vermuthungen Raum genug frei bleibt. Es

war mir daher leicht, mit Beiseiteschiebung aller vorgefassten Meinungen diejenigen verschiedenen Auffassungen anzunehmen, welche mir am Besten mit den Thatsachen selbst vereinbar erschienen. Die Schlüsse, zu denen ich auf diese Weise gelangt bin, sind es, welche ich hier im Umriss darzustellen in Begriff stehe.

Vorläufige Betrachtungen.

Will man auf die Entstehung der Gesteine zurückgehen, so muss man zunächst die verschiedenen Ursachen aufsuchen, welche dabei mitgewirkt haben können. Man muss also diejenigen zu erforschen suchen, welche im Innern der Erde den Gesteinen einen bildsamen Zustand zu verleihen im Stande waren, und im Allgemeinen alle die, wodurch die Entwicklung der Mineralien bedingt wird. Als solche Ursachen hat man in Betracht zu ziehen: Wärme, Wasser, Druck, moleculäre Thätigkeit.

Wärme. — Es ist augenscheinlich, dass die Wärme zur Bildung der Ausbruchsgesteine beizutragen vermag. Die thätigen Vulkane mit ihren Lavenergüssen geben dafür einen unbestreitbaren Beleg.

Selbst in dem Falle, dass die Wärme nicht die nöthige Kraft besässe, ein Gestein völlig bildsam zu machen, würde sie doch immer den Stoffen, aus welchen dasselbe besteht, die Freiheit verschaffen, sich unter einander zu verbinden, und so schliesslich die Entwicklung der Mineralien leiten.

Unterwirft man die verschiedenen Ausbruchsgesteine der Einwirkung einer starken Hitze, so sieht man sie weich werden, ja meistentheils gänzlich schmelzen. Bei der Abkühlung indessen geben sie im Allgemeinen Gläser, nehmen sie Eigenschaften an, welche von ihren früheren wesentlich abweichen, und nur die vulkanischen Gesteine machen hiervon eine Ausnahme.

Dabei ist aber eine höhere Hitze erforderlich, jene zu schmelzen, als von den Laven verlangt wird. Viele Ausbruchsgesteine werden da nur einfach gefrittet, wo die Hitze mehr als ausreicht, alle Laven in völligen Fluss zu bringen. Dies gilt namentlich vom Serpentine und den talkerdereichen Felsarten, wie auch vom Granite und den wesentlich aus Orthoklas und Quarz bestehenden Gesteinen.

Bei diesen vorläufigen Betrachtungen müssen wir die Aufmerksamkeit ganz besonders auf die Eigenthümlichkeiten der Ge-

steine lenken, welche unbestreitbar einen feurigen Ursprung haben, indem diese Eigenthümlichkeiten in der That ganz ausgesprochen sind und den vulkanischen Gebilden einen unverlöschbaren Stempel aufdrücken.

Wir haben also zunächst auf die Zellenbildung derselben hinzudeuten. Möge sie nun mehr oder weniger hervortretend sein, erscheint sie doch stets, sobald man ein vulkanisches Gestein unter der Lupe betrachtet, und niemals wird man sie ganz vermissen. Sie ist die Folge entweder von Gasentwickelungen oder von Zusammenziehungen der geschmolzenen Massen.

Man bemerkt ferner an den Mineralien der vulkanischen Gesteine, namentlich der Laven, in der Regel glasigen Glanz.

Sie können rissig und von vielen Spalten durchzogen sein, wie man dies leicht an den Feldspäthen, am Leucite, Peridote, Augite und an der Hornblende sieht.

Sind die Laven auch mitunter krystallinisch, so sind sie es doch im Allgemeinen weit minder, als diejenigen Gesteine, welche nicht im Zustande der Verflüssigung gewesen zu sein scheinen. Selbst wenn sie deutliche Anzeichen davon geben, dass sie Ströme gebildet haben, kann man stets einen Rückstand von der Krystallisation bemerken, welcher ihre Mineralien einhüllt und den sogenannten Teig abgiebt. Dieser Teig hat selbst zuweilen ein glasiges Ansehen, wie gewisse, als vulkanisch bezeichnete Gebirgsarten, als Obsidian und Pechstein, im Ganzen.

Die Laven besitzen übrigens schwer auszudrückende Merkmale, die aber nicht erlauben, jene mit irgend einem andern Ausbruchsgesteine zu verwechseln. Von allen Gebirgsarten sind sie am Leichtesten zu erkennen. Zeigt demnach ein aus der Tiefe emporgestiegenes Gestein Zellen und Spuren von Strombildung, während die eingeschlossenen Mineralien zugleich Glasglanz besitzen, so wird man ihm einen feurigen Ursprung zugestehen müssen, d. h. annehmen, dass die Wärme bei seiner Entstehung die Hauptrolle gespielt habe.

Indem die Ausbruchsgesteine im Ganzen eine höhere Wärme als die Laven verlangen, um nicht nur erweicht, sondern wirklich geschmolzen zu werden; indem andererseits solche Gesteine mit unzweifelhaften Spuren erlittener Schmelzung unter den Gliedern der Erdkrinde ziemlich selten sind, folgt daraus, dass nur unter ganz ausnahmsweise eintretenden Umständen die Wärme bei der Bildung derselben den wesentlichsten Einfluss geübt habe.

Man sieht sich sonach in die Nothwendigkeit versetzt, die übrigen, hierbei möglicher Weise mitthätigen Ursachen zu berücksichtigen, unter welchen die Wirkung des Wassers eine ganz vorzügliche Aufmerksamkeit beansprucht.

Wasser. — Dringt man in das Innere der Erde, so stösst man gewöhnlich auf Wasser. Dieses unterirdische Wasser bildet Schichten, welche oft eine über der andern liegen und sich bis in grosse Tiefen erstrecken. Es stellt gewiss einen höchst beträchtlichen Antheil der überhaupt auf unserm Planeten vorhandenen Wassermenge dar. Da es übrigens ganz versteckt ist, hat es wahrscheinlich nur darum die Aufmerksamkeit bisher nicht in Anspruch genommen und bei den Geologen nicht die verdiente Würdigung gefunden.

Inzwischen muss dasselbe, wie BISCHEF angedeutet, offenbar bei allen Vorgängen im Schoosse der Erde theilhaftig sein.

Suchen wir also für die Wirksamkeit dieses unterirdischen Wassers einen Maassstab zu erlangen.

Wir finden zunächst, dass dasselbe mit zunehmender Tiefe höhere Wärme annimmt, wobei auch die Menge der von ihm in Lösung aufgenommenen Stoffe wächst, und dass dasselbe bei hohen Wärmestufen auf die mit ihm in Berührung kommenden Gesteine die kräftigste chemische Einwirkung ausüben muss. Auf jedem Tiefenabsatze vermögen die von ihm mit sich geführten Stoffe den molecularen Thätigkeiten Folge zu leisten, wodurch für die Bildung der Mineralien die günstigsten Bedingungen eintreten.

Im Innern der Erde sind die Gesteine von Wasser durchdrungen und zwar so sehr, dass, wenn man unter Aufsaugungsvermögen das von der Einheit der räumlichen Masse des fraglichen Gesteins zurückgehaltene Maass Wasser versteht, nach den unter Leitung von DE LA BECHE angestellten Versuchen dieses Vermögen beim Sandstein 7—11, beim Oolith 13—16, beim Magnesian Limestone 7—23, bei der Kreide gar 33 beträgt, Werthe, welche besonders für die in London zur Anwendung kommenden Bausteine Geltung haben. Dies Vermögen hängt nicht allein von der Porosität und der physikalischen Beschaffenheit überhaupt ab, sondern auch von der chemischen Zusammensetzung. Es ist besonders gross bei thonigen Gesteinen.

Ein schmelzbares oder auch wohl unschmelzbares Gestein kann durch Wasser bildsam werden. Allgemein bekannt ist,

dass ein von Wasser durchdrungenes Gestein seine Zähigkeit verliert und unter Umständen ganz bildsam zu werden vermag. Dies gilt nicht nur von Thonen, sondern auch von Kalksteinen, von Sandsteinen und andern kieseligen Gesteinen, wie vom Quarzfels und Opal. Auch die Ausbruchsgesteine erfahren in Folge einer Durchdringung mit Wasser eine Erweichung, wie der Granit in den Brüchen und zumal auch am Meeresstrande beweist, wo er so weich ist, dass sich Seesterne und Bohrmuscheln in ihn eingraben können. Der unschmelzbare Anthracit wird, von Wasser durchdrungen, so bildsam, dass er wellige Formen annehmen und Höhlungen und kleine Adern erfüllen kann. Wie also ein Gestein, möge es sonst schmelzbar oder unschmelzbar sein, im durchfeuchteten Zustande immer eine gewisse Weichheit annimmt, welche bis zur Bildsamkeit gehen kann, so wird es hinwiederum durch den Verlust des Wassers mehr oder weniger steinartig.

Es ist von Wichtigkeit, diese Einwirkung des Wassers auf die physikalischen Eigenschaften der Gesteine wohl im Auge zu behalten, zumal bei Untersuchungen, wie die vorliegenden, da, wie schon bemerkt, im Innern der Erde die Gesteine sämmtlich feucht und also von denen an der Oberfläche verschieden sind. Daher ist auch der Zustand, in welchem wir sie in unseren Sammlungen kennen, in gewisser Beziehung ein ungewöhnlicher. In geringer Tiefe beginnt ausserdem die Mitwirkung von Wärme und Druck, und wird demnach durch die Verbindung dieser drei Kräfte die Bildsammachung der Gesteine befördert werden.

Druck. — Der Druck hat, wie NAUMANN richtig bemerkt, nothwendig bei der Bildung der Mineralien seinen Einfluss zur Geltung bringen müssen. Man begreift in der That leicht, dass die Gesteine im Erdinnern einem sehr beträchtlichen Drucke unterworfen sein werden, welcher der Dicke der aufliegenden Erdrinde entspricht.

Betrachtet man die Ausbruchsgesteine, so haben sie auch noch den Druck zu leiden gehabt, welcher von der hebenden Kraft auf sie geübt wurde, sowie auch einen seitlichen, ausgehend von dem Nebengesteine, welches sie durchbrachen.

Nicht minder hat die Erhebung der Gebirge, welche bisweilen eine ausserordentliche Höhe erreichte und Gesteine aus sehr bedeutenden Tiefen an die Oberfläche brachte, den Druck ungemein vermehrt.

Möge der Druck dauernd oder vorübergehend sein, wird er

doch immer die Eigenschaften der ihm unterworfenen Gesteine verändern, ihre physikalischen Besonderheiten stören. Andererseits nähert er die einzelnen Stoffe, bis sie sich berühren, und verstatet den moleculären Kräften und der Mineralbildung freien Spielraum, so dass er also auch die mineralogische Zusammensetzung der Gesteine umzuwandeln vermag.

Molecularkräfte. — Auch sie sind sowohl bei der Bildung, als bei der Umbildung der Felsarten mitthätig. Indessen kann man sie wohl in die zweite Reihe stellen, da sie erst durch Wärme, Wasser und Druck erweckt zu werden scheinen. Selbst die Electricität, welche die Wirkung jener Kräfte hervorruft und begleitet, möchte erst durch andere bedingende Ursachen erregt werden.

Die molecularen Kräfte und Bewegungen geben den, die Gesteine zusammensetzenden Mineralien ihr Dasein, indem sie eintreten, mögen die Mineralstoffe in gasigem, tropfbarem oder festem Zustande vorliegen. Am Leichtesten erfolgt dies in den ersten beiden Fällen. So günstig die Verflüssigung der Mineralbildung an sich ist, so ist doch zu beachten, dass bei den durch Wärme oder Wasser verflüssigten Gesteinen die Krystallbildung nicht sehr entwickelt ist, da ein Theil der Masse wenigstens als ungestalteter Teig zurückzubleiben pflegt.

Krystallinisches Gefüge kann sich aber auch bei Stoffen bilden, welche in festem Zustande verharren, oder mindestens bei solchen, welche nur eine geringe Bildbarkeit annehmen, wofür man zahlreiche Beispiele kennt. So kann es auch bei Gesteinen geschehen, selbst wenn sie in fester Gestalt ausgebrochen sind. Diese Behauptung erscheint unter Anderm durch die bei Untersuchung der Alpen gewonnenen Ergebnisse bestätigt, indem E. DE BEAUMONT darauf hingewiesen hat, dass die Granite daselbst als sehr spitze Nadeln aufgerichtet sind. Sie mussten also bei ihrem Hervortreten fest sein. Inzwischen ist bei ihnen die Krystallbildung entwickelter in der Mitte der Massen, als gegen den Rand hin. Im Oisans verliert der Granit seine krystallinische Beschaffenheit in der Berührung mit den Juragesteinen und geht in einen wirklichen Hornstein über. Es hatte also Krystallbildung im festen Gesteine statt. Dasselbe kann für jedes Ausbruchsgestein gelten, wie jene oft gerade in umgekehrtem Verhältnisse zur Schmelzbarkeit steht, so bei Laven und Trappen,

wogegen die Granitgesteine nicht nur überhaupt sehr krystallinisch sind, sondern oft gar keinen Teig erblicken lassen.

Dasselbe Mineral kann bald wässerigen, bald feurigen Ursprungs sein. — Man hat, und zwar mit Grund, grosses Gewicht auf die künstliche Darstellung von Mineralien gelegt und daher versucht, unter Anwendung der geistreichsten Verfahrungsweisen sie mit denselben Eigenschaften krystallisirt zu erhalten, welche sie in der Natur zeigen.

Doch muss man wohl beachten, dass es keineswegs nothwendig ist, ein Mineral künstlich nachzubilden, um von seiner wässerigen oder feurigen Entstehung sich versichern zu können. Krystallisirten Mineralien, wie Quarz und Kalkspath, in geschichteten Gesteinen mit Versteinerungen, deren Thiere nur im Wasser zu leben vermochten, wird man die Anerkennung wässerigen Ursprungs nicht versagen dürfen. Mineralien aber, wie Peridot und Augit, welche in Laven aus noch brennenden Vulkanen entwickelt sind, haben unstreitig feurige Geburt

Seit den schönen Versuchen von SIR JAMES HALL sind die Versuche künstlicher Mineralbildung bedeutend und zwar oft mit gutem Erfolge vermehrt worden. Unter denen, welche sich in neueren Zeiten damit beschäftigt haben, nenne ich besonders HAUSMANN, MITSCHERLICH, BERTHIER, FUCHS, v. LEONHARD, BECQUEREL, EBELMEN, DE SÉNARMONT, DAUBKÉE, G. BISCHOF, WOEHLEB, BUNSEN, PERCY, DUROCHER, MANROSS, B. COTTA, CH. DEVILLE, DAMOUR, CARON und in der letzten Zeit namentlich H. DEVILLE.

Inzwischen ist die Tragweite der Ergebnisse häufig übertrieben worden, da man gewöhnlich von dem Umstande, dass man ein Mineral auf trockenem oder nassem Wege dargestellt hatte, sofort die entsprechende Entstehungsart als die ausschliessliche zu erklären pflegte, während man doch leicht einsieht, ein und dasselbe Mineral könne bald auf die eine, bald auf die andere Art gebildet sein, da die chemischen oder molecularen Thätigkeiten, durch welche eben die Mineralien erzeugt werden, in Gegenwart sowohl der Hitze, als des Wassers ihr Wesen treiben.

Glücklicher Weise indessen pflegt ein Mineral grosse Unterschiede in seiner Beschaffenheit blicken zu lassen, je nach der Art des Gesteins, in welchem es sich entwickelt hat. Um diese Unterschiede schätzen zu lernen, genügt es, den glasigen Feldspath des Trachyts mit dem Feldspathe des Granits zu verglei-

chen, den Augit der vulkanischen Gesteine mit dem Diopside oder Sahlite, die Hornblende des Basalts und Phonoliths mit dem Tremolite oder Actinote, den Peridot der Laven mit dem Barchite.

Die ganz besonderen Eigenthümlichkeiten, welche die Mineralien annehmen, je nachdem sie sich in Gegenwart von Wärme oder von Wasser gebildet haben, vermögen über ihren Ursprung Aufschluss zu geben.

Die Folge der Mineralien eines Gesteins in Bezug auf Erstarrung und Schmelzbarkeit ist verschieden. — Es liegen genügend viele Beispiele hierfür vor. Man sieht aber aus den Beobachtungen, dass selbst für die Gesteine feurigen Ursprungs kein Zusammenhang zwischen der Erstarrung und Schmelzbarkeit ihrer Mineralien besteht. Diese scheinbare Ungesetzmässigkeit ist indessen erklärlich, da es für die Bildung der Mineralien gar nicht nöthig ist, dass das Gestein durch Schmelzung in wirklichen Fluss übergehe, sondern es schliesslich genügt, dass es in einen gewissen bildsamen Zustand versetzt werde, was eben nicht einzig durch die Wärme, sondern auch durch Vereinigung von Wasser und Druck erreichbar ist, abgesehen davon, dass sogar noch im festen Zustand Krystallisation stattfinden kann. Hinwiederum kann man die Schmelzbarkeit eines Gesteins nicht nach der seiner Mineralien schätzen, wie z. B. die Lava des Vesuvs leicht flüssig ist, obgleich sie viel schwerschmelzbaren Leucit enthält.

Die Eigenschaften eines Gesteines sind abhängig von seiner chemischen Zusammensetzung und seinem Ursprunge. — Untersucht man die Ausbruchsgesteine, so erkennt man, dass ihre chemische Zusammensetzung einfach und obenein wenig wechselnd ist. Sie führen im Allgemeinen Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd, Talkerde, Kalkerde, Kali, Natron, Wasser. Andere Stoffe treten nur in sehr geringen Mengen hinzu.

Haben auch Gesteine gleiche chemische Zusammensetzung, so können sie nichtsdestoweniger sehr verschiedene physikalische Eigenschaften besitzen.

So haben bisweilen gleiche Zusammensetzung Trachyt und Granit, Basalt und Trapp, Granit und Euryt. Enthält nun aber auch der Trachyt die Mineralien des Granits, so unterscheidet er sich von diesem völlig durch seine zellige Bildung und den gla-

sigen Glanz seines Feldspaths. Gleicherweise bestehen deutlich hervortretende Unterschiede zwischen den übrigen genannten Felsarten, und kein Geologe wird sie verwechseln, wäre auch ihre Zusammensetzung genau dieselbe.

Um den Grund dieser Unterschiede zu finden, muss man bis zur Art der Entstehung der Gesteine zurückgehen. Da sieht man denn z. B., dass die Wärme für die zellige Bildung und den glasigen Glanz des Trachyts die Erklärung giebt, während andere, davon verschiedene Gesteine diese Besonderheit der Wirkung von Wasser, Druck und Molecularbewegung verdanken.

Ihr Ursprung ist es also, welcher die Ungleichheiten bei Gesteinen mit derselben Zusammensetzung hervorgerufen hat. Die chemische Zusammensetzung hat folglich wesentlichen Einfluss auf diese Eigenthümlichkeiten. Derjenige jedoch scheint noch grösser, welchen die bei der Bildung des Ganzen herrschenden Ursachen ausüben.

Ein wasserhaltiges Ausbruchsgestein ist nicht nothwendig in Zersetzung begriffen. — Ein verwitterndes Ausbruchsgestein pflegt Wasser zu enthalten. Man kann leicht nachweisen, dass Granit- und Trappgesteine zunächst zu Grus zerfallen, dann, mit fortschreitender Zersetzung der feldspathigen Theile, mehr und mehr Wasser aufnehmen und schliesslich zu mehr oder weniger reinem Thone oder zu Kaolin werden. Damit also wächst der Wassergehalt. Enthielten sie kohlen saure Salze', so findet das Umgekehrte statt, indem deren Menge abnimmt.

Darf man aus diesen Thatsachen schliessen, dass ein Ausbruchsgestein sich zersetze, wenn es Wasser enthält? Ich denke, nicht, und ich bedaure, hierin mit ausgezeichneten Geologen Frankreichs und Deutschlands nicht in Uebereinstimmung zu sein.

In den letzten Jahren hat man die Gegenwart des Wassers in den Ausbruchsgesteinen vorzüglich durch Pseudomorphosenbildung erklärt, wozu die Zersetzung eines Minerals als besonderer Fall gehört. Man scheint hierin indessen zu weit gegangen zu sein.

Ein Ausbruchsgestein hat meist eine zusammengesetzte Entstehungsart. — Dies folgt daraus, dass, wie bereits gesagt, in der Tiefe Wärme, Wasser und Druck mit einander in Thätigkeit sind, welche die Gesteine in einen bildsamen Zustand versetzen, so dass sie in die Spalten der Erd-

rinde und wohl auch bis an die Oberfläche dringen. Daher kann denn eben auch der Wassergehalt in Laven, Basalten, Pechsteinen, Graniten wohl ursprünglich sein. Ganz besonders bei den noch thätigen Vulkanen findet man Laven feuriger Bildung, bei denen jedoch nach **POULLET SCROPE** das Wasser die Schmelzung erleichtert hat, sowie andererseits wässerige Laven, nach **OMALIUS D'HALLOY** zu den Geyserbildungen gehörig, welche durch die Wirkung des Wassers verflüssigt wurden. Sie sind thonig, jene steinig. Man findet auch Uebergänge zwischen beiden, wie auch die brennenden Vulkane Schlammmassen ausgeworfen haben.

Nach diesen Entwicklungen allen zeigt es sich, dass die Bezeichnung einer Felsart als feurigen oder wässerigen Ursprungs nicht genau ist. Man muss mit diesen Ausdrücken einen, von dem gewöhnlichen verschiedenen Begriff verbinden. Wenn wir also sagen, ein Gestein habe feurige Entstehung, so ist damit nicht zugestanden, dass dasselbe durch die Wärme allein in den Zustand der Verflüssigung versetzt sei, ebensowenig, als dass ein anderes, wässeriger Bildung, nur durch die Wirkung des Wassers bildsam geworden. Es soll damit nur gemeint sein, dass man dadurch das Hauptmittel der Bildung bezeichnen wolle.

Können Wärme und Wasser auch bei der Bildung eines Ausbruchsgesteins einen vorherrschenden Antheil haben, so wirken sie doch nicht ausschliesslich, da andere Kräfte, namentlich Druck und diejenigen, welche die Molecularbewegungen hervorrufen, die Herrschaft mit ihnen theilen.

Die Gesteine zeigen sicher höchst verschiedene Beschaffenheit je nach den Ursachen, welche ihrer Bildung zu Grunde lagen. Werden aber die Ursachen vervielfacht, so werden die Merkmale verwischt. Die Grundursachen, Wärme, Wasser und Druck finden sich oft vereinigt.

Es ist also sicher, dass ein Ausbruchsgestein einen sehr verwickelten Entstehungsgang genommen haben kann. Darf man sich danach wundern, dass sich unter den Geologen unentscheidbare Streitigkeiten erhoben haben, sobald sie den Ursprung der Gesteine zu erläutern versuchten, und ist es nicht augenscheinlich, dass die Frage nicht immer mit den Ausdrücken, in denen sie gestellt wurde, lösbar war?

Ausbruchsgesteine.

Die vorangehenden, allgemeinen Betrachtungen erlauben nun, den Ursprung der verschiedenen Gesteine zu erforschen.

Um nicht zu weit geführt zu werden, will ich mich auf die normalen Ausbruchsgesteine beschränken, und zwar nur auf einige Beispiele darunter, welche ihre Hauptmerkmale vereinigen und so als Muster dienen können.

Die normalen Ausbruchsgesteine sind ausgezeichnet durch die Abwesenheit von Schichtung und Versteinerungen; sie sind kieselig und meist feldspathig; ist bei ihnen auch krystallinisches Gefüge entwickelt, enthalten sie doch oft noch einen Teig von unbestimmter Zusammensetzung. Sie bilden Gänge, grössere Massen, zuweilen auch Ströme. Sie stehen durch unmerkliche Uebergänge mit den Schichtgesteinen in Verbindung, Zur Zeit ihrer Bildung waren sie flüssig oder mindestens in einer gewissen Weise bildsam, wobei alle möglichen Ursachen mitwirken konnten.

Da indessen die Wärme den Gesteinen, zu deren Bildung sie beigetragen, ein eigenthümliches Siegel aufdrückt, ist es natürlich, dieselben nach der Wichtigkeit der von jener gespielten Rolle zu ordnen. Man kann also drei Gruppen aufstellen, je nachdem die Gesteine feuriger, scheinbar feuriger oder nicht feuriger Entstehung sind.

I. Gesteine feurigen Ursprungs.

Dieselben sind durch die Wärme geschmolzen oder mindestens in den bildsamen Zustand versetzt. Fast stets sind sie ganz wasserfrei. Besonders auszeichnend für sie ist zellige Bildung und eine gewisse Rauigkeit beim Anföhlen. Ihre Mineralien besitzen einen deutlichen Glasglanz als wesentliches Merkmal. Sie machen diejenigen Gesteine aus, welche man als vorzüglich vulkanisch betrachtet; oft sogar sind sie wirklich Laven und haben Spuren von Strombildung bewahrt.

Die entgegengesetzten Hauptbilder dieser Reihe findet man im Trachyt und im Dolerit, welche zusammen alle ihre Eigenschaften vereinigen.

Trachyt. — Seine mineralogische und chemische Zusammensetzung nähert ihn dem Granite, von welchem er sich durch seine zellige Bildung und den Glasglanz seiner Mineralien unterscheidet. In demselben Maasse aber, wie sich diese Kennzei-

chen verwischen, entstehen Zwischengesteine, welche immer reicher an Quarz werden, und bei denen die von der Wärme gespielte Rolle immer geringer zu werden scheint.

Nach DESMAREST, DE SAUSSURE, DOLOMIEU, L. v. BUCH hätte die Wirkung der Vulkane in der Auvergne auf die Granitgesteine, aus denen sie hervorbrachen, den Trachyt erzeugen können. Nach dieser Vermuthung wäre also der Trachyt gewissermaassen wieder erwärmt und durch die Wärme umgewandelter Granit.

Betrachten wir das Auftreten des Trachyts, so sehen wir ihn zuweilen Kuppeln, Kegel oder grosse Massen bilden. Er konnte dabei nicht flüssig sein, sondern fest oder durch Wärme nur erweicht.

E. DE BEAUMONT hat darauf aufmerksam gemacht, dass der Trachyt keine Spuren einer Bildung von Auswurfskegeln zeige, wie noch thätige Vulkane. Daher spielte wahrscheinlich die Entwicklung von Gasen bei seinen Ausbrüchen eine nur unwichtige Rolle.

Inzwischen ist der Trachyt in häufigen Ausbrüchen zu sehen. Oft erfüllt er Gänge und muss demnach in solchen Fällen nicht bloss halbfest, sondern völlig bildsam gewesen sein. Häufiger noch hat er Ströme oder Lager von grosser Mächtigkeit und Erstreckung gebildet, so dass er sich dabei in einem sehr flüssigen Zustande befinden musste, und scheint durch Risse oder grosse Spalten des vulkanischen Bodens hervorgetrieben zu sein, indem auch wirklich mächtige Gänge eine Verbindung mit dem Erdinnern herstellen. Zu diesen Zeichen vulkanischen und zwar feurigen Ursprungs gesellen sich die Theilung in Säulen und seine bekannten mineralogischen Merkmale.

Häufig wird er von mächtigen Trümmergesteinsmassen begleitet, welche in der Auvergne oft weit von den eigentlichen Trachytbergen entfernt sind. Sie zeigen verschiedene Beschaffenheit und sind wohl auch verschiedener Bildungsart. Die geschichteten verdanken ihre Ablagerung einer Bearbeitung durch strömendes Wasser oder Niederschlägen aus der Luft, während die stark verkitteten und in festen Trachyt übergehenden die Erzeugnisse vulkanischer Ausbrüche oder umwandelnder Vorgänge sind.

Betrachtet man noch die Einwirkungen des Trachyts auf das Nebengestein, so bemerkt man Spuren der Wärme. Indessen sieht man, wenn gleich letzteres mehr oder minder an der Be-

rührungsstelle verkittet, angeschmolzen oder selbst verglast ist, dass es nicht immer sehr stark erhitzt worden sei.

Der Trachyt trägt alle Merkmale eines Feuegesteins, das durch Wärme geschmolzen oder mindestens erweicht wurde. Wird er reich an Quarz, so verschwinden die übrigen Eigenthümlichkeiten, und es entwickelt sich ein unmerklicher Uebergang in Porphyr, und alles lässt dann glauben, dass die Wärme bei dieser Bildung von immer geringer werdender Bedeutung gewesen sei.

Dolerit. — Die von ihm hervorgerufenen Umwandlungen deuten auf eine sehr kräftige Einwirkung von Seiten desselben, indem die Gesteine, mit welchen er in Berührung getreten, sämmtlich mehr oder minder durch Wärme verändert worden sind. Kohlen wurden in mineralische Holzkohle oder in Coke verwandelt; Kalksteine wurden zersetzt und verbanden sich mit dem Teige oder wurden einfach körnig und krystallinisch; die kiesigen, thonigen und feldspathigen Gesteine wurden mehr oder minder gebrannt und gefrittet.

Man kann über die Bildung dieses, hier als Dolerit bezeichneten Gesteins keinen Zweifel hegen, da es in der That von mehreren brennenden Vulkanen ausgeworfen ist. So enthält die Lava des Aetna Labrador und Augit, die des Vesuvus Leucit, Augit und Peridot.

Der Dolerit ist demnach durch Wärme verflüssigt. Auf ihn ist ganz besonders die Bezeichnung als Lava anzuwenden, welche man auch verschiedenen vulkanischen Gesteinen beilegt.

Trachyt und Dolerit stellen sich uns als zwei Muster von Feuegesteinen dar, deren Ursprung sicher ist, da wir sie sich in noch brennenden Vulkanen bilden sehen. Sie enthalten Wasser nicht in bemerkenswerther Menge, da dasjenige, welches sie einschliessen konnten, sich im Augenblicke der Erstarrung in Gestalt von Dampfausströmungen entwickelte. Dies Wasser verbreitet sich übrigens in den Höhlen und Spalten des Ausbruchsgesteins selbst und bis zu einiger Entfernung auch in das Nebengestein. Durch seine Dazwischenkunft bildeten sich Chalcidon, Opal, Hyalith, Quarz, kohlenaure Salze, Zeolithe, überhaupt alle die Mineralien der Mandelausfüllungen. So können die Wirkungen der Wärme mit denen des Wassers verbunden sein, selbst wenn die Ausbruchsgesteine feuriger Entstehung und wasserfrei sind.

II. Gesteine nur scheinbar feurigen Ursprungs.

Die Art der Verflüssigung, welche von denselben angenommen wurde, war theilweise feurig, theilweise wässerig. Wasser, Wärme und vielleicht auch Druck trugen mit einander bei, sie bildsam zu machen. Stets sind sie wasserhaltig. Wenn sie gleich oft noch zellige Bildung zeigen, so haben ihre Mineralien doch nur noch einen schwachen Glasglanz. Sie theilen sich in kantige Säulen oder kugelige Gestalten. Gewöhnlich sind sie den Feurgesteinen vergesellschaftet, und treten sie zumal in vulkanischen Gegenden auf.

Pechstein. — Er zeigt sich häufig in vulkanischen Gebieten, in welchen er oft den Trachyt und auch den Basalt begleitet. Er bildet deutliche Gänge und befand sich im Augenblicke seines Hervorbrechens augenscheinlich in einem sehr bildsamem Zustande. Sein Auftreten ist mitunter sehr sonderbar, indem er mit seinem Nachbargesteine nach und nach verschmilzt. Andererseits geht er auch in Gesteine über, deren Schichtung sehr wohl erhalten ist, und welche selbst Versteinerungen führen können. Er scheint dann durch eine Umwandlung von Trümmernmassen trachytischer und anderer, kieselsäurereicher Gesteine hervorgegangen zu sein. Der gangförmige Pechstein hat gewöhnlich sehr merkliche Umwandlungen bewirkt, und doch möchte ich glauben, dass die Hitze dabei nicht sehr gross war, da jener sich zu gleicher Zeit und unter gleichen Bedingungen bilden konnte, wie Quarzporphyr, welcher keine feurige Entstehung gehabt hat. Uebrigens wird er, und ebenso Pechstein und Obsidian, durch Anwendung von Wärme zu Bimsstein, was freilich durch Druck verhindert werden konnte, der überhaupt mitgespielt zu haben scheint. Die Umwandlung des trachytischen Trümmergesteins in Pechstein hat bis weit ab von jeglichem Ausbruchsgesteine stattgefunden.

Wenn sich der Phonolith auch physikalisch wohl vom Pechsteine unterscheidet, so steht er ihm doch sonst sehr nahe, so dass beide nur zwei verschiedene Zustände gewässerten Trachyts darstellen. Ist der Phonolith auch kein Feurgestein in der von uns angenommenen Bedeutung des Wortes, so hat doch sicher die Wärme zu seiner Bildung beigetragen, wie dies aus seinem Auftreten folgt, da er zugleich mit Trachyt und in Uebergängen in diesen erscheint. Auch ist er noch in unserer Zeit hervor-

gebrochen, indem bei der Bildung des Monte Nuovo ein Strom schlackiger Lava hervortrat, welcher in seinem mittleren Theile nach ABICH aus wirklichem Phonolithe besteht.

Aus der Betrachtung des Pechsteins und der übrigen Glieder aus der Gruppe des glasigen Trachyts sehen wir, dass diese Gesteine einen gemischten, durch die vereinigte Thätigkeit von Wärme, Wasser und wahrscheinlich auch Druck hervorgerufenen Ursprung haben. Wohl bewahren sie noch die Merkmale auf feurigem Wege gebildeter Gesteine; statt aber wasserfrei zu sein, sind sie wasserhaltig, so dass das Wasser an ihrer Erzeugung einen wichtigen Antheil gehabt haben muss.

Basalt. — Derselbe hat fast dieselbe Grundzusammensetzung wie der Dolerit, unterscheidet sich aber von diesem durch die Gegenwart von Wasser und flüchtigen Stoffen. Bei gleicher Erhitzung würde daher der Basalt bei weitem mehr Gas entwickeln; da er aber sehr dicht ist, so folgt daraus, dass seine Wärme geringer sein musste, als die des Dolerits oder der eigentlichen Laven.

Trotz seiner im Allgemeinen bedeutenden Dichte kann der Basalt doch zuweilen zellig werden, wobei seine Zellen meist von einander abstehend, glatt, ziemlich gross und rund sind, die des Dolerits dagegen klein, unregelmässig, gewunden und einander nahe gerückt. Sie deuten auf Gasentwicklung und einen flüssigern Zustand des Basaltteiges, als der der fenrigflüssigen Laven. Mitunter geht er in wirkliche Schlacke über, bleibt aber immer durch seinen grösseren Wassergehalt von den durch brennende Vulkane ausgeworfenen Schlacken unterscheidbar.

Der Glasglanz ist fast ganz verschwunden, bis auf Augit und Peridot. Der Teig ist steinig und körnig. Nur gewisse basaltische Gesteine, ähnlich der „*roche noire*“ haben harzigen Glasglanz und scheinen eine Verbindung zwischen dem Basalte und Pechsteine herzustellen.

Die Gegenwart von Wasser, organischen Stoffen, kohlen-sauren Salzen, Zeolithen, Nephelin, Hauyn deutet darauf, dass die Hitze nicht hoch genug war, Wasser, organische Stoffe, Kohlensäure, Schwefelsäure auszutreiben, welche nicht erst von aussen hineingeführt sein dürften. Korund und Zirkon, welche sich bisweilen im Basalte, wie in Granitgesteinen, finden, geben ein Verwandtschaftsband mit diesen, auch in Bezug auf den Ursprung, ab.

Der Basalt theilt sich oft in Säulen, welche rechtwinklig auf der Berührungsfläche zu stehen pfeffen. Im Allgemeinen enthalten sie wenig Wasser und wenig kohlen saure Salze. Alles lässt glauben, dass der säulige Basalt mit ziemlich hoher Wärme hervorbrach, und dass seine Säulenbildung eine Folge des Zusammenziehens bei der Erkaltung ist.

Manche Geologen sind der Ansicht, der Basalt verdanke seine Eigenthümlichkeiten dem Drucke einer mächtigen Wasserdecke, er sei auf dem Meeresgrunde ausgebrochen. Dies trifft z. B. in der Auvergne nicht ein, ist also keine allgemein gültige Bedingung. Ist Druck nicht überhaupt nöthig, so übt er doch, wie man namentlich da sieht, wo der Basalt lagerartige Bedeckungen gebildet hat, einigen Einfluss.

Da der Basalt vulkanische Gesteine entschieden feurigen Ursprungs begleitet, sieht man sich natürlich veranlasst, auch bei ihm Einwirkung von Wärme anzunehmen. Am Stärksten möchte diese wohl bei den zelligen und schlackigen und bei den an Augit und Peridot reichen Arten gewesen sein.

Da, wo er einzelne Kegelberge bildet, konnte seine Flüssigkeit nur gering sein; manchmal war er vielmehr sehr zähe und halbfest. Um dagegen Gänge und Lager zu bilden, musste er in einem sehr flüssigen Zustande hervorbrecen.

Den Basalt, wie den Trachyt, begleiten Tuffe und Trümmernmassen, welche mitunter Uebergänge zwischen ihm und geschichteten Gesteinen darstellen. Sind die Basaltbrocken abgerundet, so finden sie sich mit anderen Gesteinsbruchstücken gemengt und oft weit verführt. Sind sie eckig, so bilden sie fast allein das Haufwerk, welches in der Nähe seiner Geburtsstätte geblieben ist, als Trümmer basaltischer Ausbrüche, welche sich an Ort und Stelle, im Innern der Erde oder an der Oberfläche aufhäuften.

Die Basaltausbrüche konnten auch auf dem Meeresgrunde oder in Seen erfolgen, und ist leicht einzusehen, dass sich dann Uebergänge vom Basalte zu solchen Trümmerwerken bildeten.

Die vom Basalte bewirkten Umwandlungen sind nicht dieselben in der Berührung der Gänge und der Lager. Im letzteren Falle sind sie unbedeutend, oft gar nicht vorhanden, Zeichen wenig erhöhter Wärme. Die Berührung mit seinen Gängen wirkte weit kräftiger. Die Brennstoffe wurden vercockt, die Kalke zuckerkörnig. Oft sonderten sich die Gesteine in einer zum Ba-

salte senkrechten Richtung säulig ab. Undichte Gesteine, wie z. B. Sandsteine, wurden mit Zeolithen erfüllt, welche in den Hohlräumen krystallisirten, zuweilen auch mit Grünerde oder kohlen-sauren Salzen. Die thonigen Felsarten wurden steinig, zellig, mandelig, verwandelten sich in Spilit oder Porzellanjaspis, welcher jedoch noch einige Hundertheile Wasser enthält. Die Wirkung des Wassers war also hier durch hohe Wärme unterstützt.

Alle Eigenthümlichkeiten des Basalts zeigen demnach, dass sein Ursprung ein gemischter, dass Wasser und Wärme zusammen bei seiner Bildung betheiligte waren. Wahrscheinlich war er in einen Zustand wässeriger Verflüssigung versetzt. Die Hitze war hoch genug, um die Entwicklung von Peridot und Augit zuzulassen, genügte indessen doch nicht, Wasser und flüchtige Stoffe gänzlich auszutreiben. Es begreift sich danach das häufige Zusammenvorkommen des Basalts mit Laven und seine nichtsdestoweniger oft grosse Entfernung von sonstigen Vulkangebilden. Sein Wassergehalt rührt nicht von untermeerischen Ausbrüchen her, sondern entstammt dem Schosse der Erde.

Trapp. — Er kann in den Basalt übergehen und begleitet ihn auch oft, indem beide nahe verwandt sind. Doch hat die Wärme an seiner Bildung nur einen sehr beschränkten Antheil.

Sein Krystallgefüge ist im Allgemeinen wenig entwickelt, und der in ihm herrschende, anorthische Feldspath ist fast das einzige, leicht erkennbare Mineral. Dieser Feldspath ist fettglänzend, undurchsichtig, von hellen Farben, wird aber bei Einmischung von etwas Teigmasse sehr dunkel. Der Teig selbst hat eine unbestimmte Zusammensetzung; er ist, gleich dem Feldspathe, wasserhaltig bis zu mehreren Hundertheilen; ferner enthält er viel Eisenoxyd, und seine Angreifbarkeit durch Säuren zeigt, dass die grüne Färbung nicht von Pyroxen oder Amphibol herrührt.

Entwickeln sich in ihm Peridot und Augit, so geht er in Basalt über. Die Grundbestandtheile beider Gesteine können genau dieselben sein, und ihr Unterschied gründet sich dann nur auf die Umstände beim Ausbruche.

Kohlensaure Salze der Kalkerde, der Talkerde und des Eisenoxyduls finden sich oft in sehr beträchtlicher Menge. Sie zeigen sich meist späthig oder faserig, wie in den Metallgängen, nicht körnig, wie die krystallinisch gewordenen, in Lava eingewickelten

Kohlensäureverbindungen. Vielmehr finden sie sich reichlich vertheilt und zumal, wenn das Gestein nicht verwittert ist. Sie müssen also ursprüngliche Gemengtheile sein, deren Gegenwart nur eine schwache Hitze bei der Bildung annehmen lässt.

Diese kohlensauren Salze, Chlorit, Zeolithe, Quarz, oft auch andere Eisen- und selbst Kupfererze mit den sie auf Gängen begleitenden Mineralien füllen Mandeln und Gänge und müssen eine wässrige Entstehung haben. Doch war die Wärme nicht ausgeschlossen, wie dies die Gegenwart der Zeolithe und des Eisenglanzes andeutet, welche sich auch häufig in vulkanischen Felsarten finden.

Der Trapp bildet kleinere und grössere Gänge und weit verbreitete Lager. In den Gängen bildet er häufig ein durch kohlensaure Salze und Zeolithe verkittetes Trümmergestein. Die Lager sind sehr gleichförmig in ihrer Mächtigkeit und bedecken ungeheure Strecken. Die Masse dazu war jedenfalls nicht nur bildsam, sondern auch ausserordentlich flüssig.

Er erscheint auch in geschichteten Ablagerungen, wo er, zumal unter Wasser und im Meere ausgebrochen, von den Gewässern verführt und mit ihren übrigen Absätzen vermengt wurde.

Von seiner oft säuligen Absonderung hat er eben seinen Namen bekommen. Dieselbe ist die Folge der Zusammenziehung beim Erkalten und Wirkung molecularer Thätigkeiten. Die vielfach auftretenden Zellenbildungen sind mit den gewöhnlichen Mandelausfüllungen versehen.

Er hat seine Nachbargesteine meist sichtlich umgewandelt, indem er gleich dem Basalte die Brennstoffe vercokte, den Kalk krystallinisch machte, ihn und andere Nebengesteine mit Zeolithen, Chlorit und kohlensauren Salzen erfüllte. Selbst sein Teig dringt in dieselben ein. Oft freilich ist die von ihm bewirkte Veränderung nur schwach, wie er auch meist nicht, wie der Basalt, kieselige und thonige Gesteine verglast hat.

In der Reihe der Gesteine nur scheinbar feurigen Ursprungs nimmt er seine Stelle am Ende ein. Steht er auch dem Basalte sehr nahe, so denke ich doch, dass er sich von ihm durch eine geringere Hitze unterschied. Dies folgt aus der Abwesenheit des Peridots, aus der Gegenwart einer grossen Menge von kohlensauren Verbindungen und Zeolithen und aus der geringern Stärke der von ihm hervorgebrachten Veränderungen. Da er aber auf

der andern Seite völlig flüssig war, bin ich geneigt zu glauben, dass er in Gestalt eines Mörtels oder schlammigen Teiges hervorbrach. Wahrscheinlich enthielt er damals noch mehr Wasser, als er jetzt noch als sogenannte Steinbruchsfeuchtigkeit zurückbehalten hat, und verdankte gerade diesem Umstande seine grosse Flüssigkeit. Nur bei Entwicklung krystallinischen Gefüges ist er steinig geworden und hat er seine bekannte Härte und Zähigkeit angenommen.

Ich habe auch zu bemerken, dass die Trappgänge mehr oder minder thonig sein können; manche zeigen sogar alle Eigenthümlichkeiten wirklichen Thons. Man pflegt sie dann als durch Zersetzung hervorgegangen und in eine Art Kaolin umgewandelt anzusehen, während es mir scheinen will, als sei nur die ursprüngliche schlammige Beschaffenheit geblieben, indem die von diesem Teige angenommenen Eigenschaften wesentlich von seiner chemischen Zusammensetzung abhängen mussten. So wurde er z. B., war er reich an Alkalien, feldspathig und sehr hart, während er im entgegengesetzten Falle nicht recht fest werden konnte und in dem beim Ausbruche vorhandenen Zustande blieb.

III. Ausbruchsgesteine nicht feurigen Ursprungs.

Die Gesteine mit wirklich und nur scheinbar feurigem Ursprunge nennt man zusammen gewöhnlich vulkanische. Diejenigen ohne feurigen Ursprung entsprechen den plutonischen Felsarten LYELL's. Ihre Mineralien zeigen nicht mehr, wie bei jenen, Glasglanz; ihre Gesammtmasse ist nicht mehr zellig, sondern meist sehr dicht. Endlich begleiten sie nicht mehr vulkanische Gebilde und müssen daher wohl eine andere Entstehung haben. Wahrscheinlich erhielten sie ihre Bildsamkeit durch Wasser und Druck, während die Wärme nur in zweiter Reihe thätig war.

Granit. — Seine mineralogische Zusammensetzung ist nahezu mit der des Trachyts gleich. Doch weicht er in seinen übrigen Eigenschaften von diesem Gesteine ab, wie durch Mangel oder mindestens andere Beschaffenheit der Zellen und durch die Gegenwart bor- und fluorhaltiger Mineralien.

Die granitischen Gesteine der Porphyrygruppe führen noch einen Teig wie der Trachyt, der eigentliche Granit aber gewöhnlich nicht mehr. Die bei seiner Bildung herrschenden Umstände

mussten daher die Entwicklung von Krystallen sehr begünstigen.

Der Granit sondert sich, indessen nur selten, in Säulen ab, welche überdies sehr unregelmässig zu sein pflegen. Dasselbe ist der Fall beim Gypse und anderen Gesteinen unzweifelhaft wässeriger Bildung und ist nur ein Zeichen gleichmässiger Zusammenziehung, ohne dass sie jedoch nothwendig Folge der Abkühlung zu sein braucht, sondern auch durch Austrocknung und moleculäre Bewegungen hervorgerufen werden kann.

Der Quarz, statt wie in den Feurgesteinen selten zu sein oder ganz zu fehlen, ist hier in grosser Menge vorhanden. Obgleich der Kieselsäuregehalt im Trachyt nicht geringer ist, führt dieser doch weniger Quarz als der Granit, da bei letzterem derselbe sich leichter aus dem Grundgemenge ausscheiden und krystallisiren konnte. Er erscheint im Granite nicht nur krystallinisch, sondern ganz glasisig, durch das ganze Gestein vertheilt, nicht rissig wie in manchen Laven. Sein Glasglanz braucht nicht von Schmelzung herzurühren, da auch der auf wässerigem Wege entstandene Quarz solchen zeigt, und da auch wirklich geschmolzener Quarz ein Glas von ganz abweichender Beschaffenheit liefert, wie man es noch in keinem Gesteine aufgefunden hat. Man trifft wohl in Laven Stücke rissigen und mehr oder minder gefritteten Quarzes, welcher offenbar starker Hitze ausgesetzt gewesen ist; war jedoch letztere eine so hohe, dass der Quarz schmelzen konnte, so musste er nothwendig mit den Basen des Gesteines zusammenschmelzen. Ferner geben die kieselsäurereichsten Gläser, selbst bei sehr verzögerter Abkühlung, keinen Quarz, so dass man dies Mineral noch nicht auf feurigem Wege darzustellen im Stande gewesen ist. Alles spricht also gegen die Meinung, dass der Quarz des Granits auf trockenem Wege entstanden sei. Ueberdies enthält er häufig organische und bituminöse Stoffe, denen er auch seine dunkle Färbung verdankt, und welche beim Glühen verschwinden. Hinzuzufügen ist, dass SIR D. BREWSTER in den Höhlungen von Quarz, wie in solchen von Topas und Cymophan, welche ebenfalls in granitischen Gesteinen vorzukommen pflegen, zwei organische, verharzende Flüssigkeiten (Brewstolin und Kryptolin) entdeckt hat. Wären diese organischen Stoffe erst nachträglich eingedrungen, so müssten sie sich nur an den Rändern der Massen finden, nicht aber bis in so beträchtliche Tiefen. Und warum trifft man sie nicht auch

in so durchdringbaren Gesteinen, wie in Sandsteinen und überhaupt wie in allen aus krystallisirtem Quarze bestehenden Gebilden? Dass schliesslich diese organischen Stoffe sich vorzüglich mit dem Quarze vereinigt haben, hängt davon ab, dass sie bei ihrer grossen Flüssigkeit nothwendig erst an dies zuletzt erstarrende Mineral treten mussten. Sie gehören also dem Granite ursprünglich zu und widersprechen der Ansicht einer Bildung des Quarzes auf feurigem Wege, während wir ihn sich unter unsern Augen theils in den Absätzen der geysierartigen Quellen, theils in geschichteten, kieseligen Massen bilden sehen, wie wir auch in Gypsschichten vollkommene Krystalle desselben finden — überall unzweifelhaft wässeriger Entstehung —, und wie ihn denn auch DE SÉNARMONT künstlich auf nassem Wege dargestellt hat. Doch würde die Annahme einer derartigen Erzeugung auf wässerige Weise nicht geringere Schwierigkeiten darbieten, als die einer Bildung durch Hitze, wenn man an die Mitwirkung einer zur Lösung ausreichenden Wassermenge glauben müsste, wozu jedoch nichts zwingt, indem die vorangehenden Betrachtungen einsehen lassen, dass der Granit nicht durch die Wärme allein bildsam wurde, sondern dies mehr durch andere Kräfte, namentlich durch Wasser und Druck geschah. Denkt man sich aber die erforderlichen Bedingungen verwirklicht, und die Kieselsäure in Gegenwart von Wasser leicht krystallisirt, so begreift man, wie sie sich aus der granitischen Grundmasse abcheiden und Quarz geben konnte.

Die Feldspäthe des Granits haben keinen Glasglanz und sind undurchsichtig, höchstens durchscheinend, von sehr verschiedener Färbung. Die chemische Zusammensetzung haben sie mit denen des Trachyts gemein. Der etwas grössere Natrongehalt des Sanidins scheint daher zu rühren, dass derselbe im Trachyte überhaupt grösser ist als im Granite. Die Feldspäthe des letzteren führen etwas Wasser, welches aber nicht als nur zufällig aufgenommenes anzusehen sein dürfte. In dem anorthischen Feldspathe kann es bis zu zwei Hunderttheilen steigen, ohne dass der Granit Spuren von Verwitterung zeigt. Dieser Wassergehalt, dessen Vorhandensein ich schon früher betont habe, vermag Licht auf die ganze Bildung des Gesteins zu werfen. Wohl ist der Adular glasglänzend, wasserfrei, weiss und durchsichtig; aber er bekleidet nur Spalten in manchen Granitabänderungen und scheint durch Sublimation entstanden zu sein, wie der künstliche Feld-

spath von Sangerhausen. Dagegen liegen viele Thatsachen vor, welche die Möglichkeit der Feldspathbildung auf nassem Wege darthun, auf welchem er auch von DAUBRÉE künstlich erhalten wurde. Sie tritt auch in umgewandelten Schichtgesteinen auf, ohne dass diese geschmolzen sind. Wenn sich nun Feldspath auf trockenem und auf nassem Wege erzeugen kann, so spricht doch in Bezug auf den Granit alles für den letztern.

Von den beiden Glimmerarten, dem Eisen- und Talkerdehaltigen und dem Thonerde-führenden, geht der erstere, dunkelfarbige, in die Zusammensetzung aller Granite ein und bleibt auch im Granite mit nur einem Glimmer, G. ROSE's Granitite. Mag er sich auch im Trachyte, Dolerite, in Laven und vulkanischen Schlacken finden, bei deren Bildung, wie gesagt, Wärme sicher den wesentlichsten Einfluss übte, so zeigt er sich doch daselbst etwas von dem im Granite vorkommenden abweichend. Er erscheint in dickern Krystallblättern und nicht in dünnen Blättchen, ist sehr dunkelfarbig bis ganz schwarz, wird durch Glühen wenig verändert und besitzt überdies lebhaften Glanz. Im Granite und in den umgewandelten Gesteinen hat er überhaupt besondere Eigenschaften. Ferner hat er sich in Gesteinen gebildet, welche sicher nicht geschmolzen sind. Kann demnach starke Hitze die Bildung von Eisentalkglimmer nicht hindern, so ist sie auch zu solcher nicht nöthig. Der weisse, perlmutterglänzende, von Säuren nicht angreifbare, Thonerde-haltige Glimmer findet sich nicht in Feuergesteinen. Hitze muss daher zu seiner Bildung nicht unumgänglich nöthig sein. Vielmehr kann er auf wässerigem Wege entstehen, sich aus andern Mineralien entwickeln, auch in umgewandelten Gesteinen auftreten, welche nicht nur Zeichen früherer Schichtung bewahrt haben, sondern auch Spuren von Versteinerungen. Ueberdies wird er beim Glühen ganz verändert.

Es können sich demnach die drei wesentlichen Gemengtheile des Granits ohne Zuthun höherer Wärme bilden, und auch die Betrachtung anderer in demselben auftretender Mineralien führt zu gleichem Schlusse, indem z. B. die Hornblende desselben von der in den vulkanischen Gesteinen vorkommenden verschieden ist, der Disthen auch und zumal in umgewandelten Gebilden, wie im Glimmerschiefer, auftritt, deren Entstehung nicht der Wärme allein zuzuschreiben ist. Kohlensaurer Kalk findet sich zuweilen von Granit umhüllt und bildet in ihm grosse Einlagerungen und

Linsen, ohne sich immer mit den ihn berührenden Kieselerbindungen zu vereinigen, was, wenn es überhaupt geschehen, nur bis zu geringer Dicke der Fall ist. Sonst enthält er häufig stark wasserhaltige Mineralien, wie Pyrosklerit und Serpentin. Hat er auch krystallinisches Gefüge angenommen und sich in Marmor umgewandelt, so bleibt er doch immer verschieden von dem durch die Laven eingewickelten Kalke, welcher runzelig und feinkörnig geworden ist. Den Granit durchsetzen zahlreiche Quarzgänge. Oft ist er auch ganz durchmengt mit Baryt, Flussspath, kohlensauren Späthen, metallischen Mineralien u. s. w., wie sie überhaupt auf Metallgängen vorkommen. Diese Mineralien haben sich aber auf wässerigem Wege gebildet, und ihre Vergesellschaftung mit dem Granite ist so eng, dass die beiderseitige Entstehung eine gleichzeitige sein muss. Orthit, Pyrorthit und Gadolinit sind phosphorescirende und bei der Erhitzung verglimmende Mineralien, die man mitunter im Granite und zwar mit Eindrücken seiner Krystalle antrifft, welche sie gleich bei dessen Bildung annahmen. Ihre besonderen Eigenschaften lassen darauf schliessen, dass dazu keine Rothgluth erforderlich war.

Der Granit bildet Gänge und grosse Massen. Im erstern Falle ist die Mächtigkeit derselben in sehr weiten Grenzen wechselnd bis zum kaum Sichtbarbleiben. Solche feine Adern in Feldspathgesteinen können nicht durch Einspritzung, sie müssen durch Ausscheidung von ihren Wandungen her erfüllt sein. Meistens muss jedoch der Granit, wie alle Gesteine, welche durch Eintreibung Gänge gebildet haben, mindestens eben bildsam gewesen sein oder konnte wohl ganz flüssig werden. Man wird naturgemäss darauf geführt, anzunehmen, dass sei nur unter dem Einflusse starken Druckes geschehen, denn, wenn der Granit auch zuweilen über andere Gesteine hinweg sich ergossen hat, so ist er doch nicht, wie der Trachyt oder der Basalt, stromweise über den Boden hingeflossen und hat sich nie lagerartig ausgebreitet.

Betrachtet man den massigen Granit, so sieht man ihn häufig in Kuppeln oder in gezähnten, sehr scharfen Spitzen. Die abgerundeten Gestalten zeigen an, dass die Masse zur Zeit des Ausbruchs nicht völlig bildsam war; sonst hätten die mächtigen Anhäufungen, aus denen die Granitkuppeln bestehen, sich selbst niedergedrückt. Die gezähnten Formen dagegen deuten darauf,

dass er in einem, dem festen sehr nahen Zustande sich hervorschieben konnte.

Der Granit pflegt gegen das Innere seiner Massen hin krystallinischer zu sein, als an den Rändern. Mitunter verläuft er sogar unmerklich in das Nachbargestein. Auch da, wo er sich in scharfen Spitzen aufgerichtet hat, ist er oft in der Nähe der von ihm durchbrochenen oder bedeckten Massen verändert und nimmt eine undeutliche Krystallisation an, wird mitunter gar zu Hornstein. Es folgt daraus, dass seine Krystallisation sich im Augenblicke des Hervorbrechens entwickelte, selbst wenn er dabei fast schon fest war.

Zur Bildung des Granits war sonach keine so starke Hitze nöthig, dass er wirklich geschmolzen wäre, was auch durch die Betrachtung der von ihm bewirkten Veränderungen bestätigt wird.

Durch die Berührung mit ihm wandeln sich die Brennstoffe in Anthracit oder Graphit um, werden die Kalke krystallinisch, die kieseligen und thonigen Felsarten steinig mit Uebergängen in Jaspis. Verschiedene, aber oft wasserhaltige Mineralien entwickeln sich in diesen Gesteinen; keines jedoch zeigt die Eigenthümlichkeiten von solchen, welche in Feuergesteinen krystallisirt sind. Namentlich treten, wie GRUENER bemerkt hat, die gewöhnlichen Gangmineralien an der Grenze des Granits und seiner Nebengesteine auf. Die Umwandlungen erfolgten theils zugleich mit dem Ausbruche, theils später. Manche, wie die Bildung der Gangmineralien, rühren von Quellen her, welche an seiner Berührungsstelle die Gesteine durchtränkt haben.

Niemals hat man von einer Umwandlung der Steinkohle in Coke oder einer Verkohlung von Brennstoffen in der unmittelbaren Berührung des Granits gesprochen. Sind Thon- und Kieselgesteine in ihn eingeknetet, so werden sie doch nicht entwässert und zellig oder verschlackt, wie es so häufig bei den Laven vorkommt. Nirgends zeigen sich Spuren feuriger Schmelzung, die man dem Granite zuschreiben könnte.

Hat demnach das Wasser diese Gesteine nicht, nach WERNER's Ansicht, geradezu abgesetzt, so war es doch bei ihrer Bildung in bedeutender Weise thätig, welcher Schluss sich wohl mit den Untersuchungen mancher neuern Geologen verträgt. So bestreiten DAUBENY, SEDGWICK, E. DE BEAUMONT, BISCHOF den feurigen Ursprung, während BREITHAUPT, SCHEERER, SCHAFFHAEUTL sogar einen Ausbruch im Zustande gewässerten oder

durch Wasser erweichten Breies annehmen, was auch mir höchst wahrscheinlich ist.

Der Einfluss von Druck dürfte nicht zu leugnen sein und ist schon lange von LYELL hervorgehoben, welcher den Granit zu den „hypogenen“, d. h. aus grossen Tiefen aufgestiegenen Felsarten zählt.

Meiner Meinung nach zeigt somit der Granit kein Merkmal eines Feuergesteins. Zur Ausbildung seiner Mineralien genügte eine eben nur bildbare Beschaffenheit seiner Masse; ja nach manchen Vorkommnissen konnte er selbst im beinahe festen Zustande krystallisiren. Die Bildsamkeit wurde herbeigeführt durch Wasser, unterstützt von Druck, sowie auch von Wärme, jedoch nur von einer sehr mässigen und nicht bis zum Rothglühen steigenden. Die Krystallisation der einzelnen Mineralien wurde endlich durch chemische und moleculäre Vorgänge bestimmt.

Diorit. — Neben den granitischen Felsarten scheint es passend, auch die Trappgesteine zu betrachten, in denen der anorthische Feldspath mit Glimmer und Hornblende vorkommt. Ich werde daher auch den Diorit als eines der wichtigsten und verbreitetsten näher beleuchten.

Seine mineralogische Zusammensetzung ist sehr einfach, anorthischer Feldspath und Hornblende. Jener ähnelt dem des Trapps und kann gleichfalls eine gewisse Menge Wasser enthalten, die jedoch ganz verschwinden kann. Die Hornblende gleicht der im Granite. Ausser andern zufälligen Gemengtheilen giebt es im Diorite namentlich auch Quarz, selbst in sehr kieselsäurearmen, wie im Kugeldiorite von Corsica. Zu den, im Diorite zufälligen Mineralien gehören Quarz, kohlen-säure Salze, Chlorit, Epidot, die verschiedenen Gangmineralien und auch Zeolithe.

Die krystallinische Beschaffenheit ist meist sehr ungleichförmig, bisweilen dagegen sehr entwickelt, indem vornehmlich die Hornblendekrystalle ausserordentlich gross werden. Hat der Diorit auch einen anorthischen Feldspath als Grundmineral, so nähert er sich doch dem Granite durch seine mineralogische Zusammensetzung sehr stark.

Die Zeolithe sind im Diorite seltener als im Trappe und verschiedener Art. Da sie ganz besonders vulkanischen Gesteinen angehören, so ist es wahrscheinlich, dass die Wärme des zeolithreichen Diorits höher war als die des Granits. Auf der andern Seite ist die Abwesenheit von Zellen- und Schlackenbil-

dung ein wichtiges, dem widersprechendes Zeugniß für eine nicht durch Hitze bewirkte Verflüssigung.

Der Diorit bildet viele Gänge, doch auch grössere Massen, und scheint selbst durch Umwandlung geschichteter Gesteine hervorgehen zu können. Jedenfalls hat es das Ansehn, als habe er nicht vermocht, in Strömen auf der Oberfläche zu fließen oder sich in Lagern auszubreiten.

Er begleitet häufig den Granit und geht auch wohl allmählig in solchen über. Er steht dem Granite ferner nahe durch seine Umwandlungen, welche meist ziemlich schwach sind. Häufig durchdringt ihn und das Nachbargestein Eisenglanz, ohne indessen höhere Wärme anzuzeigen. Vielmehr hat man in der Berührung mit dem Diorite noch keine Verkohlung von Brennstoffen oder Verglasung von Kieselgesteinen beobachtet. Alle Erscheinungen nähern sich denen beim Granite, sind also von den bei den vulkanischen Gesteinen verschieden.

Wir sehen also in ihm dieselben wesentlichen und zufälligen Gemengtheile, wie im Granite, ein sehr ausgeprägtes Krystallgefüge, Umwandlungen wie beim Granite, Uebergang in solchen, den er ausserdem oft begleitet. Ich glaube daher, dass die Bedingungen seiner Bildung zwischen den der Entstehung des Trapps und Granits lagen, während er doch im Ganzen sich mehr an letztern anschliesst, so dass er also, unter einer nur nebensächlichen Bethheiligung der Wärme, durch Wasser und Druck erzeugt wurde.

Kersantit und Euphotid dürften denselben Ursprung haben, indessen Hyperit und Melaphyr sich dem Trappe und selbst dem Basalte nähern, also den Uebergang zu den vulkanischen Gesteinen vermitteln.

Serpentin. — Er begleitet gewöhnlich Trappgesteine, namentlich Diorit und Euphotid. Man hat ihn nicht für ein besonderes Mineral, sondern nur für ein Umwandlungserzeugniß aus Peridot oder verschiedenen Gesteinen gehalten und auch seine Krystallgestalten für Nachahmungen erklärt. Wie dem auch sein mag, so stellt doch der Serpentin ein eigenthümliches Mineral dar mit merkwürdig gleichbleibender chemischer Zusammensetzung. Wie ich früher gezeigt habe, ist der Chrysotil nur eine faserige oder asbestartige Abänderung, und kann daher der Serpentin krystallinischen Zustand annehmen.

Man findet in ihn eingewachsen vorzüglich Granat, Diallag,

Chlorit. Adern von edlem Serpentin und Chrysotil, welche ihn durchschwärmen, scheinen durch Ausscheidung erfüllt zu sein. Auch weisser Kalkspath bildet in ihm vielfache Verästelungen. Zeolithe fehlen, oder dieselben haben, wie in den Serpentin-Oberitaliens besondere Eigenschaften und sind talkerdehaltig, wie denn diese Serpentine überhaupt mit höherer Wärme gebildet zu sein scheinen. Häufig durchdringen den Serpentin auch Quarz, Opal, Baryt, Aragonit, gewässerte Eisen- und Manganoxyde. Oft theilt er sich in vieleckige Stücke, ohne jedoch Säulen- oder Zellenbildung anzunehmen.

In Bezug auf sein Vorkommen sieht man ihn Gänge und Stöcke bilden. Oder er zeigt Uebergänge in andere Gesteine, selbst in geschichtete, z. B. in Thonschiefer. Er vermag auch Feldspath aufzunehmen und so mit dem Diorite oder Euphotide sich zu verbinden. Häufig werden auch granitische oder Trappgesteine an ihren Rändern sehr weich, verlieren ganz ihre Eigenthümlichkeit und gehen über in Serpentin oder vielmehr in ihm sehr nahe stehende, wasserhaltige Kieselsäureverbindungen der Talkerde.

Einwirkungen des Serpentin auf das Nebengestein sind nur erst an wenigen Orten beobachtet. Meist zeigen sich gar keine oder nur schwache. Die Thongesteine können in Gabbro und Jaspis umgewandelt sein; niemals aber sind sie verglast. Vielmehr rührt die Jaspisbildung nach NAUMANN und HAMILTON von Quellen her, welche den Serpentin begleiten, so dass diese Veränderungen keinen Beweis für starke Hitze liefern.

Wäre der Serpentin eine wasserhaltige vulkanische Felsart, wie der Basalt, oder selbst ein umgewandeltes Gestein, so würde nichts hindern, an seinen Rändern durch Wärme hervorgerufene Veränderungen nachzuweisen, von denen ich aber trotz der Untersuchung mehrerer Vorkommnisse keine Spuren habe entdecken können.

Alle Eigenschaften des Serpentin scheinen der Vermuthung eines feurigen Ursprungs entgegen zu stehen. Wie sollte sich diese auch mit seiner Unschmelzbarkeit, mit dem Fehlen von Zellenbildung und Umwandlung durch Wärme vereinigen lassen? Dagegen war offenbar bei seinem Auftreten das Wasser wesentlich thätig, von welchem er bis zu zehn Hunderttheilen enthält, abgesehen von seinem Steinbruchwasser. Dazu kommt das Vorhandensein gewässerter Mineralien, von Quarz- und Kalkspath-

adern. Trotz seiner Unschmelzbarkeit ist er sehr weich, musste sich also unter sonst gleichen Umständen noch leichter erweichen als irgend ein anderes Gestein. Sicher befinden sich auch der Meerschaum und die gewässerten Talkerde-haltigen Kieselsäureverbindungen im Allgemeinen im Innern der Erde in einem Zustande grosser Weichheit.

Die vorangehenden Untersuchungen haben uns mit der Auffassung, dass ein Ausbruchsgestein wasserhaltig sein könne, vertraut gemacht. Spielten bei den Felsarten mit nur scheinbar feurigem Ursprunge, wie beim Pechsteine und Basalte, Wasser und Wärme eine Hauptrolle, so sind dagegen beim Serpentine die Wirkungen der letztern fast ganz verschwunden, so dass nur noch Wasser und Druck seine Bildsamkeit haben hervorbringen können.

Schluss.

Sonach sind Wärme, Wasser, Druck und Molecularkräfte bei der Gesteinsbildung von wesentlichem Einflusse, und vermag der eines dieser Mittel den der anderen zu überwiegen, selten jedoch zur ausschliesslichen Herrschaft zu gelangen. Die chemische Zusammensetzung bleibt im Ganzen gleich, und die Mineralien mögen daher bald auf wässrigem, bald auf feurigem Wege erzeugt werden. Es lässt sich somit oft kaum eine Grenze für die Bestimmung der Gesteinsentstehung ziehen. Im Grossen gelangt man danach zu drei Hauptabtheilungen.

Die Gesteine mit wirklich feurigem Ursprunge verdanken diesen einer Verflüssigung oder mindestens Bildbarwerdung durch Hitze und sind daher wasserfrei, zellig, rauh, häufig von Schlacken begleitet und führen glasglänzende Mineralien. Zu ihnen zählen die vornehmlich als vulkanisch angesehenen Gesteine, auch entströmen sie noch brennenden Vulkanen als Laven.

Bei den Gesteinen mit nur scheinbar feurigem Ursprunge ist derselbe ein gemischter, indem sie eine Art wässriger Schmelzung erfahren haben. Durch die vereinte Macht von Wasser, Wärme und Druck wurden sie bildsam. Noch zeigen sie Zellen und Schlacken, aber ihre Mineralien verlieren den Glasglanz. Sie enthalten Wasser und Zeolithe und theilen sich oft in säulige oder kugelige Gestalten.

Die Gesteine ohne feurigen Ursprung erhielten ihre Bildbarkeit durch Wasser und Druck; der Einfluss der Wärme dabei

war unbedeutend. Sie haben kein zelliges Gefüge mehr, sondern sind vielmehr sehr dicht und haben daher keine Gasentwicklung verstatet. Der Glanz der Mineralien hört auf, glasig zu sein. Die kiesel säurereichen und krystallinischen Abarten scheiden viel glasigen Quarz aus.

Die chemische Zusammensetzung sehr abweichender Gesteine kann dieselbe sein, da ihre Eigenthümlichkeiten nicht von jener allein abhängen, sondern von andern, ihre Bildung begleitenden Umständen. Daher war es möglich, dass in denselben geologischen Zeiträumen Felsarten von gleicher chemischer, aber sonst ganz verschiedener Beschaffenheit hervorgegangen sind, oder dass dasselbe Gestein zu verschiedenen Zeiten ausgebrochen ist.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1858-1859

Band/Volume: [11](#)

Autor(en)/Author(s): Delesse Achille

Artikel/Article: [Untersuchungen u̇ber die Entstehung der Gesteine. 310-338](#)