

4.

Wirkungen des Feuers. — Wesen desselben. — Qualitätszustände der Materie überhaupt. — Eigenschaften der vulkanischen Auswurfsmassen.

Mit Recht sehen wir uns daher nach Agenten um, die einflussreicher sind, als das Wasser, und stoßen in diesem Bemühen zunächst auf das Feuer, das gemeinsame Lösungsmittel der Metalle, und schon deshalb auch auf andere Materien gewiß nicht ohne allen Einfluß. Ehe wir jedoch die Einwirkungen dieses Elementes näher untersuchen, ist es nöthig, von seinem wahren Wesen uns eine richtige Vorstellung zu verschaffen.

Die Ansicht, daß das Feuer ein Element oder wohl gar eine Materie sei, stammt aus dem Alterthume her, und hat ihren Grund in der Lehre einiger alten Philosophen, die Feuer, Wasser, Luft und Erde als die Grundbestandtheile aller Dinge betrachteten und ihnen deshalb den Namen Elemente beilegte. Allein eine spätere genauere Untersuchung lehrte uns, daß Wasser, Luft und Erde gar keine einfachen Stoffe sind, sondern wenigstens aus zwei Bestandtheilen bestehen, die sich innig mit einander mischen oder verbinden. Das Feuer entzog sich, seiner wesentlichen Natur nach, länger unserer Wisbegierde, und wurde erst sehr spät dahin erkannt, daß es an und für sich gar kein Stoff ist, sondern eine bloße Erscheinung, die bei den Verbindungen gewisser Materien unter sich, namentlich des Sauerstoffs mit andern einfachen Stoffen, sichtbar wird. Die Erscheinung dessen, was wir Feuer nennen, schließt aber zwei Eigenschaften in sich, Wärme oder Hitze und Licht. Eine nähere Untersuchung des Phänomens zeigt bald, daß das Licht wieder in zwei Gestalten auftritt, nämlich als Flamme und als Glühen, während die Wärme zwar in sehr verschiedenen Graden sich zu erkennen giebt, sonst aber keine Unterschiede darbietet. Was jene Differenz des Lichtes betrifft, so hängt sie von der Materie ab, an der die Feuererscheinung eintritt; denn Flammen kommen nur bei Substanzen vor, die im Moment ihrer Verbindung mit dem Sauerstoff luft- oder gasförmig werden, während der glühende Körper auch dabei noch ein fester oder tropfbar flüssiger bleibt. Wenn aber ein Körper irgend einer Dualität glüht oder flammend leuchtet, so entwickelt er Wärme; weshalb alle Verbindungen von Sauerstoff mit andern einfachen Stoffen, oder wie man auch sagen kann, alle Verbrennungsprocesse, nicht ohne Entbindung gewisser Wärmegrade eintreten.

Dies festgehalten, ist also die Wärme das nothwendige Produkt aller der Erscheinungen, welche mit Feuerentwicklung verbunden sind, und aus diesem Grunde werden wir, indem wir die Wirkungen der Wärme auf die verschiedenen Materien untersuchen, auch ihre Beziehungen zum Feuer am besten erfahren. Eine solche Untersuchung kann hier nur in Mittheilung der Resultate angestellt werden, die dahin lauten, daß die Wärme auf alle Materien gleichmäßig wirkt, d. h. dieselben mehr und mehr ausdehnt, je mehr sie zunimmt. Eine jede Wärmezunahme bewirkt also in der Materie ¹⁾ eine zunehmende Ausdehnung, welche indeß nicht überall gleichartig ist, sondern bei dem einen Stoff schneller, bei dem andern langsamer eine größere Wirkung hervorbringt. Darauf beruhen die Eigenschaften der Materie, welche wir als fest, flüssig oder flüchtig (d. h. gas-, luft- oder dampfförmig) unterscheiden und Qualitätszustände nennen. Die Materie kann also, wenn sie bei einem gewissen Wärmegrade oder einer bestimmten Temperatur, was ebensoviel heißt, fest ist, bei einer höheren flüssig, und bei einer noch höheren dampfförmig werden, eine Behauptung, welche z. B. am Wasser durch die bloße Beobachtung desselben im Winter, im Sommer und im Kochen erläutert wird. Im Winter ist es fest, oder Eis, bei einer Temperatur unter 0° ; im Sommer ist es flüssig, und bei einer künstlich bis auf $+ 80^{\circ}$ Reaum. vermehrten Hitze kocht es und verwandelt sich in Dampf ²⁾. Eben diese Fähigkeit besitzen aber auch viele andere Materien, wenn gleich die Eis- und Siedepunkte nicht so dicht neben einander liegen; doch können wir bei manchen Metallen noch die Grenzen des festen, flüssigen und flüchtigen Zustandes ziemlich leicht wahrnehmen, wie z. B. beim Quecksilber, das bei $- 32^{\circ}$ Reaum. (eine Temperatur, die in Sibirien nicht selten vorkommt) fest wird, bei der gewöhnlichen Temperatur flüssig ist, und bei $+ 280^{\circ}$ Reaum. kocht und Dämpfe entwickelt. —

1) Wir erinnern unsere Leser noch einmal an die Anomalie des Wassers, insofern dasselbe dem allgemeinen Gesetze erst von 3° Reaum. über dem Gefrierpunkte an Folge leistet, unter dieser Temperatur erkaltet aber sich ebenfalls mehr und mehr ausdehnt, bis es fest wird. Siehe S. 31.

2) Hier scheint uns die Bemerkung am Orte zu sein, daß Wasser nicht bloß bei gesteigerter Temperatur luftförmig wird und Dampf bildet, sondern bei jeder anderen ebenfalls. Wasserdampf bei niedriger Temperatur heißt Dunst, und ist nicht eher sichtbar, als bis er in Bläschenform sich gesammelt hat (z. B. im Nebel, in den Wolken). Die Eigenschaft, bei jeder Temperatur langsam verdunsten zu können, kommt allen flüssigen und vielen festen Materien, namentlich den riechenden zu, z. B. Moschus, Campher u. a. m.

Wenn diese Behauptung in ihrem ganzen Umfange richtig ist, so müssen alle Materien unseres Erdkörpers durch gesteigerte Temperaturgrade flüssig werden können, und wenn die Temperaturzunahme noch fort dauert, selbst dampfförmig oder flüchtig. Da jedoch der Hitzgrad, mit welchem es geschieht, bei den verschiedenen Stoffen großen Abweichungen unterliegt, so werden manche Stoffe schon flüssig sein, während andere noch fest sind, und wieder andere sogar flüchtig; wie es die Vergleichung des Wassers mit dem Quecksilber schon zeigt, und mit der atmosphärischen Luft. Letztere ist dampfförmig, wenn Wasser und Quecksilber fest werden, und jenes, das Wasser, wird schon fest, während das Quecksilber noch flüssig ist. —

Diese kurze Betrachtung ist in der That schon viel fruchtbarer für die Erklärung der Erdbildung, als alle vorherigen Untersuchungen über die Einwirkung der Gewässer; denn wir werden, wenn wir im Stande sind, hohe Hitzgrade im Erdkörper nachzuweisen, wenigstens ihn als einen vor- mals aus flüssigen oder sogar flüchtigen Materien bestehenden Körper uns denken können.

Raum brauche ich meine Leser durch Nennung der noch jetzt an sehr vielen Stellen der Erdoberfläche vorhandenen Vulkane oder feuerspeienden Berge daran zu erinnern, daß jene Annahme einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit für sich hat, indem die Feuerberge uns von dem Vorhandensein hoher Hitzgrade im Innern der Erde, welche bis zum Schmelzen vieler Materien sich steigern, überzeugen. Aus ihren offenen Schläunden oder Kratern werden unter Umständen und in unbestimmten Perioden geschmolzene Massen hervorgeschleudert, oder fließen gleich glühenden Strömen am Berge herab, erkalten mit der Zeit und bilden neue Erdschichten³⁾, welche mit dem allgemeinen Namen der Lavaströme bezeichnet werden. Eine nähere Untersuchung der Laven zeigt aber eine Beschaffenheit, ganz auffallend verwandt mit dem krystallinischen oder derben Gefüge solcher Gesteine, welche wir als unauflöslich im Wasser früher kennen gelernt haben, und da wir in den Laven bei sorgfältiger Prüfung allmählig fast alle die Mineralien entdecken, welche auch an andern Stellen der Erde als constituirende Bestandtheile auftreten, so dürfen wir wohl annehmen, daß auch sie durch hohe Hitzgrade schmelzbar sein werden. In den erkalteten Laven finden sich ferner eine Menge von Fossilien krystallinisch abgesondert oder als vollständige Krystalle, welche ganz ebenso in den bereits erwähnten

3) Nach G. de Beaumont schieben fließende Laven erst still und breiten sich aus, wenn die Neigung ihres Bodens 3° oder weniger beträgt.

Basalten, Porphyren, Graniten, Syeniten und Grünsteinen vorkommen oder Hauptbestandtheile derselben ausmachen; ja was noch viel interessanter ist, es stecken in ihnen auch solche Mineralien, welche, wie die Granate, Leuzite, Zeolithe, Epidote, Schörle, Korunde und Zirkone, nur sehr vereinzelt an gewissen Stellen in jenen weit verbreiteten Gebirgssteinen angetroffen und darnach von den Mineralogen mit dem Namen der eingesprengten Mineralien bezeichnet werden. Manche dieser Fossilien gehören zu den härtesten Stoffen, ja fast nie ist es dem Wasser im Geringsten möglich, sie auflösend zu zerlegen oder zu zerstören, also noch viel weniger, sie als krystallinischen Niederschlag zu bilden. Selbst die Masse, welche sie umschließt, kann kein Sediment sein, weil in diesem Falle die eingesprengten Stoffe schichtweise abgesetzt, oder je nach ihrer Schwere durch die Grundmaterie vertheilt sein müßten, was bei Laven nicht der Fall ist; vielmehr bietet die bunte Mischung, in welcher Einsprenglinge bisweilen von den Auswurfsmassen eines einzigen Vulkanes umschlossen werden, einem eifrigen Sammler die beste Gelegenheit dar, in kurzer Zeit aus ihnen Handstücke von den meisten steinigen Mineralien zu gewinnen. —

Endlich giebt auch die Art und Weise, wie erkaltende Lavaströme sich absetzen, sehr genügende Aufschlüsse über die Formunterschiede der Materien, welche wir durch die Ausdrücke krystallinisch und derb schon früher unterschieden haben, und über die Ursachen der Zerklüftung oder Absonderung, welche bei krystallinischen wie derben Gesteinen vorkommen; sie zeigt uns, daß eine und dieselbe Substanz diese oder jene Form annehmen kann, je nachdem sie beim Austreten aus dem Vulkan beschaffen ist, und je nach der Schnelligkeit, mit welcher sie erkaltet. Verfolgen wir dies weiter, indem wir zunächst die hauptsächlichsten Verschiedenheiten untersuchen, welche an den Laven bemerkt werden.

Ich darf wohl annehmen, daß alle meine Leser die leichte, lockere, poröse, einem festgewordenen Schaum ähnliche Masse kennen, welche den Namen Bimsstein führt und in manchen Handwerken eine technische Anwendung findet. Sie ist eine gewöhnliche Auswurfsmasse vieler Vulkane und weist, wo sie sich findet, auf die Anwesenheit von vormals thätigen Vulkanen hin, wenn jetzt thätige in ihrer Nähe fehlen. Diese Substanz geht aber in demselben Lavaström, der sie enthält, nach und nach dichter werdend so allmählig in den Obsidian über, daß sich beide deutlich als eine und dieselbe Materie zu erkennen geben, welche bloß in zwei verschiedenen Zuständen sich befindet. Der Obsidian ist nämlich eine homogene, schwarze, gelbgraue oder bräunliche Masse, welche täuschend dem reinen festen Pech

ähnlich sieht, auch ganz so wie dieses schalig oder muschelartig zerspringt, wenn man daran schlägt, mithin keine krystallinische, sondern eine glasförmige oder amorphe⁴⁾, Struktur hat. Weitere genaue Analysen zeigen, daß beide, Obsidian und Bimsstein, aus Kiesel Erde mit Thonerde und etwas Alkali bestehen, also auch in ihrer Mischung einem Glasflusse ähneln, mit dem ihre äußere Erscheinung so sehr übereinstimmt. Nun weiß Jedermann, wie das Glas durch Zusammenschmelzen der Kiesel Erde mit einem Alkali, Kali oder Natron und etwas Kalkerde entsteht, und wie geringe Zusätze von Metalloryden dem Glase eine schöne Farbe geben; es wäre also der Obsidian als ein Glasfluß zu betrachten, in dem die strenger flüssige Thonerde die Rolle mit dem Alkali theilt, der zugleich durch ein Metalloryd, hier Eisenoryd, schwarz gefärbt ist, und dessen Beschaffenheit, ob er homogenen Obsidian oder schaumigen Bimsstein darstellt, wohl ohne Zweifel von aufsteigenden luftförmigen Stoffen oder Gasen herrühren wird, welche dem Bimsstein sein schaumiges Ansehen ertheilten, dem homogenen Obsidian aber fehlen. Auch in unserem künstlichen Glase finden sich ja Luftblasen, wenn es ohne große Sorgfalt angefertigt wird, und ihre Anzahl mehrt sich, wenn die flüssige Glasmasse in Bewegung geräth, sei es, daß man sie schlägt, oder von oben etwas in dieselbe schüttet; diese Luftblasen bleiben, wenn die Flüssigkeit erkaltet, drängen sich aber stets nach oben, so weit es die Zähigkeit der Masse zuliebt. Bimsstein zeigt also auf eine bewegte, gleichsam aufkochende Lava hin und ist ein Beweis heftiger Gasentwicklung in der glühenden Masse, welche nach neueren Untersuchungen vom verdampfenden Kali herrührt, nach der älteren Annahme durch Wasserdämpfe bewirkt werden sollte⁵⁾. Auf der andern Seite geht der stark glänzende glasartige Obsidian, ohne im Geringsten seine Homogenität zu verlieren, in eine minder glänzende, emailartige Substanz über, die zugleich minder spröde ist und weniger scharfkantig oder schneidend zerspringt. Diese Substanz nimmt, bei übrigens gleicher Beschaffenheit, zwei Formen an, indem sie sich bald in kleine rundliche Stücke absondert, oder die Homogenität beibehält. Die erstere Form nennt man Perlstein, die

4) Man vergl. über Amorphismus die sechste Anmerkung zum 17. Abschnitt.

5) Sorgfältige Versuche lehrten, daß sich der natürliche Feldspath durch künstliche Schmelzung in einen wahren Bimsstein verwandeln lasse, wenn das Kali daraus in Dampf-Form entweicht. Sobald es geschehen ist, fällt die Masse zusammen und bildet Obsidian. Man vergl. die wichtige Schrift von H. Abich, Geolog. Beobachtungen über die vulkan. Erschein. in Mittel- und Unter-Italien. Braunschw. 1841. 4. S. 62 ff.

zweite Pechstein; beide finden sich in Gesellschaft des Obsidians und Bimssteins, und in einer Weise, die keinen Zweifel läßt, daß die Substanz aller dieselbe ist, und bloß in Aeußerlichkeiten modificirt wurde. —

Während diese Auswürflinge der Vulkane oder Laven als gemeinsame und hervorstechendste Eigenthümlichkeit den amorphen Glascharakter an sich tragen und deshalb Glaslaven genannt werden: also ihrem äußeren Ansehen nach ganz den Schlacken gleichen, welche beim Ausbringen der Metalle in unseren Hochöfen aus den die Erze begleitenden Erden zusammenschmelzen; giebt es eine andere Reihe von Laven, in denen der krystallinische Charakter ihrer Bestandtheile vorherrscht. Man nennt diese Laven, zum Unterschiede von den vorigen, Steinlaven, und unterscheidet von ihnen je nach der Absonderung des Gesteins mehrere Arten. Diejenigen, deren ganze Substanz ein entschieden krystallinisches Gefüge besitzt, und aus deutlich unterscheidbaren größeren Partien ihrer Gemengtheile besteht, nennt man granitische Laven; andere, bei welchen eine mehr derbe Grundlage die krystallinischen Massen in besonderen Krystallen räumlich isolirt umgiebt, heißen Porphyrlaven; noch andere, deren derbe Substanz nur sehr feinkörnig krystallinisch und gleichmäßig gemischt ist, werden basaltische Laven genannt; wieder andere, bei welchen die krystallinischen Theilchen äußerst klein und feinkörnig werden, heißen erdige Laven. —

Beschränkt man den Begriff der Lava nicht bloß auf die noch jetzt im feurigen Fluß vor unsern Augen hervorbrechenden, oder in historischer Zeit hervorgebrochenen, ihnen ähnlichen Gesteine, sondern dehnt ihn, wie es eine wissenschaftliche Betrachtung fodert, auf alle die älteren und ältesten Eruptivgebilde aus, welche stromartig ergossen oder im geschmolzenen Zustande emporgehoben wurden, so hat die Lava einen sehr weiten Umfang und läßt sich nach ihrer chemischen Konstruktion nicht scharf von den gesammten vulkanischen Produkten sondern. Unter Umständen mag jedes vulkanische Gestein sich stromartig ergießen können, und eben wenn es das gethan hat, bildet es Lava. Nach dieser Ansicht würden wir die weitere Betrachtung der Lava auf eine Schilderung aller vulkanischen Massen ausdehnen müssen, dabei aber nur einer späteren Untersuchung über die plutonischen und vulkanischen Gesteine im Zusammenhange vorgreifen; wir beschränken also unsere jezige Mittheilung auf einige charakteristische, die historischen oder neuen Laven verrathende Bildungsverhältnisse. —

Zu einem der wichtigsten äußeren Erkennungszeichen der neuen Laven gehört die Anwesenheit von rundlichen blasenförmigen Lücken, den sogenannten Blasenräumen, in ihrer Substanz. Solche Blasen ziehen

sich durch die ganze Masse der Lava hindurch, drängen sich dichter in den oberen Theilen zusammen, wechseln in ihrer Größe beträchtlich, bilden aber nie ein inniges, schaumartiges Gemisch, wie im Bimsstein. In der Regel sind die Blasenräume ganz leer und ihre Wände ohne allen Ueberzug, nur eine glänzende, mehr schlackige Oberfläche pflegt ihnen eigen zu sein; bisweilen haben sie einen anders gefärbten, staubartigen Anflug, wenn sich die ursprünglich in den Blasen enthaltenen gasförmigen Stoffe an den Wänden niederschlagen; in sehr seltenen Fällen enthalten sie zarte Krystalle, die aus der Lavamasse in den Blasenraum herausgeschossen. Sehr oft zeigen die Blasenräume eine mandelförmige Figur und eine schiefe, der Richtung des Stromes folgende Stellung; beides deshalb, weil die schnellere Erkaltung der Lavamasse in ihren oberen Schichten das gleichmäßige Fortschreiten des Ganzen hinderte und den tieferen, noch weichen Lagen ein Weiterücken möglich machte, während die oberen schon standen. Der anfangs runde Blasenraum mußte dadurch schief gezogen, nach unten zugespitzt und mandelförmig ausgedehnt werden. Füllen sich solche Blasenräume vollständig mit fremden Materien, so nennt man die Felsart einen Mandelstein; besonders wenn die mandelförmigen Einsprenglinge härter sind, als das umhüllende Gestein und beim Verwittern desselben zurückbleiben. Neue Laven zeigen übrigens eine so vollständige Ausfüllung der Mandeln nicht, ihre Blasenräume sind auch in dieser Form ohne allen Inhalt.

Neben der Anwesenheit von Blasenräumen bezeichnet die neuen Laven kein anderer äußerer Charakter so sicher, als die feinkörnige, matte, derbe Beschaffenheit ihrer Substanz in der Tiefe und das stellenweis schlackenförmige, unordentlich zertrümmerte, aus in sich gewundenen und mannigfach verschobenen Schichten hervorgehende Ansehen ihrer Oberfläche. Darin aber zeigen sie keine große Gleichförmigkeit, weder zu allen Zeiten, noch an allen Punkten; es scheint, als ob die Schnelligkeit der Eruption, die Neigung des Bodens, und die leichtere oder langsamere Verflüssigungsfähigkeit des Lavamaterials auf die Form seiner Oberfläche einen noch größeren Einfluß ausübe, als auf die Beschaffenheit des erkalteten Lavagesteines in seinem Innern. Die letztere hängt offenbar von der chemischen Mischung der Bestandtheile ab und wird durch die Leichtigkeit, mit welcher die verschiedenen Stoffe aus der Mischung aller sich zu lösen vermögen, bedingt. Ganz dasselbe gilt von der Farbe. In beiden Beziehungen scheint das Vorherrschende des Feldspaths in der Lavamasse auf der einen, oder des Augits auf der anderen Seite das hauptsächlich Bestimmende zu sein.

Die neueren Augitlaven sind entschieden die häufigeren; sie haben eine dunkle, schwarzgraue, schwarzbraune oder selbst schwarze Farbe und bestehen aus einem innigen Gemenge von Feldspath und Augit; zweien Mineralien, welche überhaupt an dem Material der festen Rinde unseres Planeten den größten Antheil nehmen. Namentlich der Feldspath, dessen schon früher (S. 48) als eines kiesel-sauren Doppelsalzes gedacht wurde, wie wir die Verwitterungs-Processe besprachen, ist in fast allen krystallinischen Felsarten der wichtigste und vorwiegendste Bestandtheil; ja eigentlich die Grundmaterie nicht bloß der auf feurigem Wege gebildeten pyrogenen Gebirgs-gesteine, sondern selbst in seinem verwitterten Zustande als Thonerde der Stoff von vielen neptunischen Sedimenten. In den Augitlaven scheint diejenige Abart, welche wir später (im 9. Abschnitt) als Labrador näher kennen lernen müssen, vorherrschend oder allein aufzutreten. Seine Farbe ist weißlich, gewöhnlicher hellgrau oder röthlich; sein Gewicht geringer als das des Augits, nämlich 2,7. Der Augit unterscheidet sich vom Feldspath durch eine schwarzbraune oder rein schwarze Farbe, ein höheres spezifisches Gewicht (3,5) und eine andere chemische Zusammensetzung; worin besonders der völlige Mangel, oder die geringe Menge von Thonerde, bei reichlicher Anwesenheit von Kalk- und Talkerde, bezeichnend für ihn ist. Als dritter Gemengtheil tritt häufig Magnet-eisen, eine Verbindung von Eisenoryd und Eisenorydul, hinzu und verstärkt durch seine schwarze Farbe das dunkle Ansehen der Augitlaven ebenso sehr, wie ihr Gewicht (3—3,5) durch seine größere spezifische Schwere (4,9—5,2). Alle drei Stoffe bilden ein gleichförmiges, homogenes Gemenge von basaltischem Gefüge, ohne größere Ausscheidung des einen oder des andern Bestandtheils; wenigstens ist eine solche Ausscheidung nicht Regel, wenn sie auch stellenweis eintreten kann, indem zumal das Magneteisen sich selbstständiger auszusondern pflegt; aber andere fremde Stoffe, welche sich dem Lavamaterial beigesellen und später beim Erkalten sich darin isoliren, wie es z. B. der Leuzit oder Amphigen öfters thut, geben der Lava bisweilen ein porphyrartiges Ansehen. An manchen Stellen, z. B. am See Bracciano nördlich von Rom, oder am Laacher See bei Andernach, stecken weiße Leuzitkrystalle so häufig in freilich älterer, vorhistorischer Lava, daß ihre Masse ein scheckiges Gefüge erhält. Diese Leuzite widerstehen der Verwitterung, welcher die Lava unterliegt, sie fallen heraus und bedecken überall den Boden der Gegenden, wo Leuzitlaven sich finden. An anderen Orten herrscht der Feldspath im Grundgemenge mehr vor und bedingt eine etwas hellere Farbe des Gesteins, wodurch es dem

älteren Basalt oder Dolerit in Masse und Bruch so ähnlich wird, daß seine stoffliche Identität mit diesen vorhistorischen vulkanischen Producten kaum einem Zweifel unterliegen kann. Indes hat die chemische Analyse im Basalt einen nie fehlenden Wassergehalt nachgewiesen und dadurch ein Mittel an die Hand gegeben, wenigstens ihn von den ganz ähnlichen Laven, den ältesten so gut wie den neuen, zu unterscheiden. Aber auf den Dolerit paßt dieser Unterschied nicht mehr, er enthält kein chemisch gebundenes Wasser, er gleicht im allgemeinen Ansehen manchen Laven völlig, und kann ohne Berücksichtigung ihrer Blasenräume und ohne Beachtung seines gröbereren Kornes nicht mehr in bloßen Handstücken von ihnen unterschieden werden. Gewöhnlich bilden Dolerit und Basalt die älteren äußeren Schichten im Umfange der Kegelerge, aus deren offenen Schloten wir Lava noch jetzt hervorquellen sehen, oder an deren Abhängen wir alte Laven in stromartig ausgebreiteten Schichten wahrnehmen; ja selbst an Orten, wo Lavaströme nicht bemerkt werden, begegnen wir dem Dolerit und Basalt zu kegelförmigen Bergen aufgethürmt: sei es isolirt in einzelnen Kuppen ausgedehnter Gebirge, oder zu kleineren, für sich bestehenden Gebirgssystemen vereint in der Nähe früherer, plutonischer Erhebungen. Der Mangel selbstständig ausgeschiedener Kieselerde, des Quarzes, ist ein wichtiger Charakter, welcher den älteren augitreichen vulkanischen Producten ebenso sicher zukommt, wie den neuen Augitlaven; er giebt für beide auch anderweitig schon hinreichend als verwandte Gebilde kenntlich gemachten Gesteine ein überaus sicheres, schwerlich bedeutungsloses, äußeres Merkmal ab.

Ganz anders verhalten sich die Feldspathlaven. Schon ihre hellere gelblich-graue oder weißlich-graue, selbst röthlich-graue Farbe unterscheidet sie so auffallend von den Augitlaven, daß eine Verwechslung beider nicht wohl möglich ist. Sie bestehen vorzugsweise aus einem feinkörnigen, unbestimmt krystallinischen, matten Feldspath von geringer Härte und öfters porösem, mehr oder minder blasigem Gefüge, der einzelne große vollständige und glänzende Krystalle von glasigem Feldspath umschließt, neben denen in kleineren Partien Krystalle von Albit, Glimmer, Hornblende, selbst von Quarz, Kalkspath, Augit und Magneteisen sich ausgeschieden haben. Das Gestein, wenn es nicht sowohl stromartig als Lava auftritt, sondern selbstständige Kegel und Kuppen gleich dem Basalt und Dolerit bildet, nennt man nach Hauy's Vorgange Trachyt, nach Andern Domit, wegen des glockenartig gewölbten, kugelförmigen Ansehens der Berge; — seine stromartigen Ergüsse bilden die trachytischen Laven.

Ihr im Ganzen seltenes Vorkommen veranlaßte bei mehreren Geognosten geradezu Zweifel über ihre wirkliche Existenz, allein neuere Untersuchungen haben das Vorhandensein trachytischer Lavaströme schon insofern außer Zweifel gesetzt, als sie nachwiesen, daß Bimsstein und Obsidian, deren stromartigen Erguß Niemand bezweifelt, nur formell verschiedene Zustände des Trachyts sind, und keine andere, in der chemischen Zusammensetzung bedingte Verschiedenheit zwischen ihnen stattfindet, als die geringe, durch 1—2 Prozent Wassergehalt der Bimssteine und Obsidiane bedingte. Aber auch abgesehen davon, machen sich trachytische Lavaströme bemerklich, namentlich an der Solfatara, vielleicht selbst am Aetna; das entschiedenste Beispiel liefert die Insel Ischia, sie zeigt, nach Abich's Schilderung, „die Trachyte bald als massige Felsstücke mit horizontaler Zerklüftung senkrecht aufsteigend, bald als Schichten mit verschlakter Oberfläche, deutliche submarine Lavaströme darstellend, aus der vulkanischen Tiefe emporgehoben; hier mit eingeschlossenen, dort sie bedeckenden, mehr pechstein- als obsidianartigen Trümmerschichten verflochten, in deren schlackenförmigen, großballigen, endlich in wahren Bimsstein übergehenden Formen noch überall die Wirkungen der aus dem Innern hervorgehenden Expansionen erkannt werden, unter deren Einfluß die feurig-flüssigen Gebilde den Widerstand des auflagernden Elementes überwandten.“ — Der massige Trachyt bildet an den Vulkanen, denen er zukommt, die höchsten und innersten Theile des Kraters, gewöhnlich die Anfänge der Eruptionsegel, aus denen später die Laven sich ergossen und die Wände des älteren Kegels bedeckten. An unseren fortdauernd thätigen Vulkanen bemerken wir äußerlich den Trachyt nur selten; die Felsart entzieht sich den Blicken des Beobachters, sie steckt in der Tiefe und kann nur in den mit ausgeworfenen Blöcken des Kraters nachgewiesen werden; aber an den erloschenen Vulkanen stehen die Trachytegel frei da, und zeigen mit ihren greisen Häuptern das höhere Alter der Dome an, die sich aus ihnen aufthürmten. Nicht ohne Grund glaubt man aus solchen freigebliebenen Trachytmassen auf eine älteste und aller Wahrscheinlichkeit nach nur einmalige, sehr gewaltsame vulkanische Thätigkeit des Berges, den sie bilden, schließen zu dürfen, und will es aus demselben Grunde natürlich finden, warum stromartige Ergüsse, die stets auf eine öfters wiederholte, intermittirende Thätigkeit des Vulkanes deuten, weniger häufig an Trachytbergen sich zeigen. In der That fehlen sie auch den größten Trachytegeln⁶⁾, den berühmten Vulkanen der Cordillere von

6) Die Felsart der Andes-Vulkane hat man, wegen gewisser Eigenthümlichkeiten

Quito, mit der einzigen Ausnahme des Antifana, gänzlich. Auf Europäischen Boden sind die Auvergne, die unteren Rheingegenden, die Liparischen Inseln und besonders die benachbarten der Ponza-Gruppe reich an Trachyten. Hier zumal findet sich eine eigenthümliche Art der Trachytgebilde, welche durch ihren Gehalt an frei ausgeschiedenem Quarz neben glasigem Feldspath und tombakbraunem Glimmer eine große Ähnlichkeit mit dem Granit (S. 47) erhält, nach ihrem Gefüge aber bezeichnend Trachyt-Porphyr genannt wird. Abich hat nachgewiesen, daß der Trachyt-Porphyr aus großen Spalten der Erdrinde gangförmig, wie noch jetzt die Lava an manchen Punkten, z. B. am Aetna, emportrat und durch diese Art seiner Entstehung das langgezogene, mauerförmige, abschüssige Ansehen der Inseln bewirkte, deren innersten Kern er ausmacht. Die Anwesenheit des Quarzes im Trachyt-Porphyr ist übrigens für die theoretische Auffassung der vulkanischen Erscheinungen überhaupt von großer Wichtigkeit; sie widerspricht der Ansicht, welche den Mangel des Quarzes als ein sicheres Kennzeichen vulkanischer Produkte angesprochen hatte und daraus für die quarzreichen Gesteine der älteren Perioden einen anderen, als den feurig-flüssigen Urzustand, ableiten wollte 7).

Zur Trachytformation gehört endlich der Klingstein oder Phonolith, den man wegen seiner dunkeln aschgrauen Farbe öfters als eine Mittelstufe zwischen Basalt und Trachyt ansah, darin aber irrte. Der Klingstein ist vielmehr ein dunkelfarbiger Trachyt von großer Feinheit und Homogenität seiner Gemengtheile, größerer Härte und größerer Sprödigkeit. Nur selten enthält er isolirte Krystalle glasigen Feldspaths, noch seltener Hornblende, Augit oder etwas Magneteisen. Dagegen ist er durch sein chemisch gebundenes Wasser vom gemeinen Trachyt verschieden, und wenn man sich bestimmter ausdrücken will, eigentlich ein Gemisch von Feldspath und Zeolithsubstanz 8). Hierin, aber nur in der chemischen

in der chemischen Mischung, vom gemeinen Trachyt als besondere Art der Trachytformation unterschieden und Andesit genannt. Vergl. über sie Abich a. a. D. Seite 46.

7) Um dem Vorwurfe zu entgehen, als sei mir die neueste Sachlage des Streites unbekannt, bemerke ich, daß nunmehr auch G. Bischof auf die Seite Derer getreten ist, welche Gesteine mit freiem Quarz für wässerigen Ursprungs erklären. Es ist nicht meine Aufgabe, über diese Frage ein Urtheil zu fällen; ich kann nur abwarten, zu welchem Endresultat die Forschung der Berechtigten uns führen wird. —

8) Zeolithe sind, gleich den Feldspathen, kiesel-saure Doppelsalze, welche sich hauptsächlich durch ihren Wassergehalt von der Feldspathsubstanz chemisch unterscheiden. Sie

Anlage, nicht in der Materie, gleicht der Phonolith dem Basalt. Er findet sich, wie der Trachyt, gern isolirt in besonderen Kuppen oder kleineren Gebirgszügen, namentlich im Böhmischem Mittelgebirge, zerklüftet plattenförmig, tönt eigenthümlich beim Anschlagen an die freien Tafeln, und erscheint, gleich dem ächten Trachyt, nur in seltenen Fällen als stromförmiger Erguß. Zweimal hatte Abich Gelegenheit, ihn so zu beobachten: das eine Mal am Monte nuovo bei Puzzuoli, das andere Mal am Lavaström von Arso auf Ischia; allein an beiden Orten stehen die Ströme isolirt da, ohne wiederholte ähnliche Ergüsse aus demselben Eruptionspunkte. Indes beweisen sie doch das Vorhandensein von neuen Laven mit Wassergehalt, und widersprechen der Behauptung aufs Bestimmteste, daß den neuen oder historischen Laven chemisch gebundenes Wasser stets abgehe. Nur für die Augitlaven scheint diese Behauptung als Thatsache gelten zu können, sie scheint uns den Beweis zu führen, daß der Druck, unter dem gegenwärtig die hebenden Wasserdämpfe stehen, nicht mächtig genug ist, um eine chemische Verbindung des Wassers mit der Feldspathsubstanz auf dem vulkanischen Herde zu bewirken. Denn der Wassergehalt aller vorhistorischen Laven und Basalte, auf den einige der neptunistischen Schule zugethane Forscher so großen Werth legen, ist sicher nur von untergeordneter Bedeutung; er beweist uns nichts anderes, als daß jene Laven entweder die Ergüsse submariner vulkanischer Ausbrüche sind, welche unter dem Drucke des Meerwassers emporgetrieben alsbald in eine chemische Verbindung mit demselben traten, oder schon früher, als sie noch in der Tiefe der Erdkruste selbst steckten, das auf Klüften zu ihnen gelangte Wasser chemisch in sich aufnahmen. Diese Umstände können indes hier nur angedeutet werden, sie sollen an einer spätern Stelle (im elften Abschnitt) ihre weitere Erledigung finden. —

Durch die formelle Uebereinstimmung der bis jetzt charakterisirten vulkanischen Auswurfsmassen mit den härtesten und festen Gesteinen des Erdkörpers ist nun zur Genüge bewiesen, daß auch diese Materien sich in einem feurig-flüssigen Zustande befunden haben können; es bliebe nur noch die Frage zu beantworten, warum sie nie eine schaumige oder glasartige Beschaffenheit besitzen, obgleich eine solche nicht bloß alle künstlich von uns in Hochöfen geschmolzenen Schlacken annehmen, sondern auch viele Auswurfsmassen der Vulkane sie zeigen. Die Beantwortung dieser Frage würde am

bestehen also aus drei Bestandtheilen, nämlich 1) kiesel-saurer Thonerde; 2) einem kiesel-sauren Alkali (Kali, Natron, Kalterde, theils einzeln, theils in Gemischen); 3) Wasser.

besten durch Untersuchungen gegeben werden können, welche auszumitteln sich bemühten, warum nicht alle, sondern nur einige sehr wenige Lavaströme der späteren Zeiten glasartige sind. Dazu boten Beobachtungen an künstlichen Gläsern die Hand. Man hatte nämlich schon am Anfange des vorigen Jahrhunderts die Beobachtung gemacht, daß dicke Glasstücke, wenn sie langsam und sehr allmählig erkalteten, ihre klare durchsichtige Beschaffenheit verloren und gleich dem Pechstein ein emailartiges Ansehen erhielten (Reaumur'sches Porzellan). Diese Entdeckung blieb lange unbeachtet, führte aber doch endlich zu dem Resultat, daß die langsamere Erkaltung die einzige Ursache für die erwähnte Beschaffenheit sein könne. Von dieser Ansicht ausgehend, setzte man künstliche Glasflüsse aller Art einer sehr langsamen, höchst allmählichen Erkaltung aus, und erhielt dadurch eine Substanz, die in ihrem ganzen Gefüge den Steinlaven gleichkam. War also, nach solchen Erfahrungen, das glas- oder steinartige Ansehen des künstlichen Glases eine bloße Folge der schnellen oder langsamen Erkaltung, so lag der Schluß nahe, auch für vulkanische Auswurfsmassen, die alle augenscheinlich feurig-flüssig sind, wenn sie hervorquellen, eine schnelle oder langsame Erkaltung als die Ursache ihrer formalen Unterschiede anzusehen; eine Annahme, die am besten bewiesen oder umgestoßen werden konnte, wenn man natürliche Laven künstlich schmolz und in verschiedenen Temperaturen und Zeiträumen wieder erkalten ließ. Diese Versuche, früher in England von James Hall, später auf Französischen Glashütten und Hochöfen mit großer Umsicht von Fleuriau de Bellevue angestellt⁹⁾, ergaben ein durchaus gleichartiges, höchst befriedigendes Resultat; sie zeigten, daß jede natürliche Lava, wenn sie aufs Neue geschmolzen und schnell abgekühlt wird, eine glasartige Form annimmt, d. h. amorph bleibt, dagegen ein krystallinisches Gefüge erhält, also steinartig, granitisch oder basaltisch sich absondert, wenn man sie sehr allmählig und langsam in geschlossenen Räumen kalt werden läßt. Man stellte, um ganz sicher zu sein, eben diese Versuche noch mit den Schlacken der Hochöfen an, und gewann auch an ihnen dasselbe Resultat. —

Nach solchen Erfahrungen ist also die Art der Erkaltung der Hauptgrund für die glasartige oder steinige Beschaffenheit nicht bloß aller Laven, sondern auch aller anderen natürlichen Bestandtheile unseres Erdkörpers, die jemals aus dem feurig-flüssigen Zustande in den festen übergegangen sind, worauf fußend wir behaupten dürfen, daß alle vorhandenen steinigen

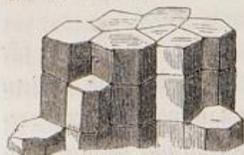
9) Journ. de Physique. Vol. 59 et 60. — Annales de Chimie. Vol. 50.

Schichten aus dem feurig-flüssigen Zustande durch eine sehr langsame Erkaltung hervorgingen, weil glasartige Materien nie in großer Masse als constituirende Bestandtheile des Erdkörpers auftreten. —

Wie in der Regel so ist es auch hierbei nicht schwer, die Gründe für die Erscheinung ausfindig zu machen, sobald dieselbe nach ihrem wahren Wesen richtig erkannt ist. Indem nämlich der Krystallisationsproceß verschiedenartiger mit einander gemengter Substanzen überall nur dann erfolgt, wenn die Stoffe Zeit haben, sich von einander zu sondern und die zugehörigen sich zu einander zu begeben, so ist begreiflicher Weise in einer schnell erkaltenden feurig-flüssigen Substanz die erforderliche Zeit zu solcher Absonderung nicht vorhanden; die Stoffe bleiben in dem Gemisch, wie sie der feurig-flüssige Zustand gemengt hat, und erst wenn langsam die flüssige Form in die feste übergeht, ist die Möglichkeit gegeben, daß sich die zu einander gehörigen Bestandtheile der Mischung treffen und zu einem Ganzen verbinden. Diese richtige Erklärung zeigt, warum Laven, die sehr langsam erkalten, mehr ein granitisches und porphyrartiges Gefüge besitzen werden, schneller erkaltende aber ein basaltisches oder erdiges; denn der ganze Unterschied ihrer Formen besteht, nach unserer obigen Erklärung, darin, daß in Granitlaven alle Bestandtheile krystallisirt und in größeren Partien von einander unterschieden sind, in Porphyr-laven die Grundmasse derb, d. h. fein krystallinisch, ist, und in ihr größere einzelne Krystalle liegen, bei Basaltlaven die ganze Masse ein feinkörniges krystallinisches Gefüge hat und bei erdigen Laven die einzelnen Krystallchen von fast mikroskopischer Größe sind. Demnach verdanken die Granitlaven und alle granitigen Gesteine einem sehr langsamen Erkaltungsproceß ihre Bildung, bei den Porphyren ging derselbe schon schneller von Statten, bei den Basalten noch schneller, und am schnellsten bei den feinkörnigen fast erdigen. Hingegen erfolgte bei allen glasartigen Stoffen die Erkaltung momentan und zu schnell, um überhaupt einen Krystallisationsact zu verstaten. —

Unabhängig von diesen Krystallisationsverhältnissen zeigen uns endlich noch alle Steinlaven die eigenthümlichen Erscheinungen der Absonderung und Zerklüftung, welche früher (S. 50) ebenfalls von den krystallinischen und derben Gesteinen erwähnt wurden. Sie bestehen hier, wie dort, in Spaltungs- oder Theilungsflächen, nach welchen die übrigens in sich zusammenhängende Masse zerspringt, wenn die Erkaltung und die damit verbundene Zusammenziehung der Masse weiter fortgeht oder plötzlich sehr gesteigert wird, und scheint nur eine Folge derselben zu sein. Bei manchen

Laven und Basalten, wo diese Spaltung einer ganz bestimmten Richtung gefolgt ist, hat sie Formen bewirkt, welche Krystallen im Großen sehr ähneln.



Dahin gehören die scheinbar regelmäßigen fünf-, sechs- oder siebenseitigen Säulen der berühmten Basaltgrotte auf Staffa, genannt die Fingalshöhle; oder die ähnlich geformten des Riesendamms an der Nordküste Irlands.

An beiden Orten zerfallen die Säulen durch Querklüfte, deren Flächen bald eben, bald kugelig gewölbt oder ausgehöhlt sind, in gleichmäßige Abschnitte, welche die Täuschung eines künstlichen Baues nur noch vermehren. Auch Deutsche Gegenden bieten uns dieselben Formen dar, namentlich die Eifel an ihren zahlreichen Basaltbergen. Einen derselben, die Landeskron im Arthale, sehen wir im Holzschnitte vor uns und bemerken in der Grotte am Fuße des größeren Basaltfegels die regelmäßige Säulenbildung deutlich, während wir auf der äußeren Oberfläche der Berge nur eine unregelmäßige Zerklüftung wahrnehmen. Die Kapelle zur Rechten ist aus den sechsseitigen Querschichten zertrümmerter Basaltsäulen aufgeführt. Andere Basalte zeigen eine kugelförmig-schalige Absonderung im Großen und bestehen gleichsam aus in einander steckenden Kugelzonen, wie die bei Ober-Kassel am Rhein, nahe bei Bonn. Gewöhnlich haben die Säulen eine senkrechte Stellung, bisweilen aber auch, wie am St. Michel bei Le Puy in Languedoc (Haute Loire), eine waagrechte. Diese Ver-



schiedenheit hängt ab von der Richtung der größten Abkühlungsfläche, gegen welche die Klüftflächen stets senkrecht liegen. In engen Spalten aufgestiegene Basalte zeigen deshalb horizontal gelagerte Säulen, massig aufgethürmte Kegele oder Kuppen senkrecht gestellte. Das gilt für alle Absonderungsflächen. — Auch Laven der Gegenwart sind ähnlich geklüftet, besonders die ins Meer herabgeflohenen, was deshalb bemerkenswerth sein dürfte, weil die Basalte der Fingalshöhle und des Riesendamms, an denen die Säulenbildung am vollständigsten sich zeigt, aus dem Meere hervorragen. Vielleicht hat die dadurch bedingte schnellere Erkaltung die stärkere Zerklüftung des Eruptivgesteines veranlaßt.

5.

Eigenschaften der Vulkane. — Ausbrüche. — Verschiedenartige Eruptionsstoffe.

Wir haben im vorigen Abschnitt kennen gelernt, wie wichtige und bedeutsame Resultate aus der Beschaffenheit der vulkanischen Auswurfsmassen für die Bildung der krystallinischen und derben, im Wasser unauflösllichen Schichten unseres Erdkörpers sich herleiten lassen, und werden durch diese Erfahrung wohl unwillkürlich dazu veranlaßt, die Eigenschaften und Wirkungen der Feuerberge noch umfassender zu studiren; hauptsächlich in der Absicht, um zu erforschen, ob nicht andere in den Bereich vulkanischer Thätigkeit fallende Erscheinungen zu ähnlichen Aufschlüssen über anderweitige Verhältnisse des Erdkörpers führen könnten. Zu diesem Endzweck beschreiben wir zunächst die Eigenschaften und Thätigkeiten der Vulkane im Allgemeinen.

Vulkane sind kegelförmig aus den mannigfachsten Umgebungen, aus der Ebene, wie aus Gebirgskämmen, selbst aus dem Meere hervorragende Berge, deren Spitze vertieft ist und in einen trichterförmigen Schlund, den Krater, führt, aus welchem bei thätigen Vulkanen von Zeit zu Zeit Rauch, Asche und Auswurfsmassen der verschiedensten Art hervorbrechen. Die Seitenwände des Kegels sind in der Regel mannigfaltig zerrissen, und führen theils in den Krater, theils ins Innere des Berges, daher auch aus ihnen Auswürflinge, besonders die geschmolzenen