

schiedenheit hängt ab von der Richtung der größten Abkühlungsfläche, gegen welche die Klustflächen stets senkrecht liegen. In engen Spalten aufgestiegene Basalte zeigen deshalb horizontal gelagerte Säulen, massig aufgethürmte Kegel oder Kuppen senkrecht gestellte. Das gilt für alle Absonderungsflächen. — Auch Laven der Gegenwart sind ähnlich geklüftet, besonders die ins Meer herabgefloßenen, 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 Bildungsverhältnisse 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

Massen oder Laven, gleich glühenden Strömen herabfließen. Die Gebirgsmasse, aus welcher diese Kegel bestehen, ist durchgehends vulkanisches Gestein; theils Basalt, theils Trachyt; sie bildet in der Regel mantelartig über einander ausgebreitete oder tutenartig in einander steckende Schichten, welche sehr deutlich für eine allmälige Aufhäufung sprechen. Ueber die Art und Weise, wie die Aufhäufung des Gesteins erfolgte, sind die Ansichten noch verschieden, und da es überhaupt keinen für alle Fälle gleichartigen Bildungsgang zu geben scheint, so ist es wohl möglich, daß beide Ansichten mit der Natur übereinstimmen.

L. v. Buch, dem wir durch seine vortreffliche Beschreibung des Vesuvs und der Canarischen Inseln die ersten und besten Aufschlüsse über die Bildung der Vulkane verdanken, nimmt für jeden Vulkan zwei Bildungsbestandtheile an, welche er durch die Benennungen von Erhebungskrater und Auswurfskrater unterscheidet. Der Erhebungskrater ist nach ihm eine vormals horizontal gewesene ältere Schicht der Erdoberfläche, welche an der Stelle lagerte, wo der Vulkan sich bilden wollte, und die kegelförmig emporgehoben wurde, als er selbst durchbrach. Dieser berühmte Geognost erklärt aus einer solchen, an einer Stelle des ursprünglich horizontalen Bodens bewirkten Aufreibung nicht bloß die kegelförmige Form des Berges, sondern auch seine nach oben stark klaffende mittlere Oeffnung und die radienförmigen Einschnitte oder Risse, welche von ihr zum Umfange des Kegelberges hin fortsetzen. Jene Vertiefung in der Mitte nennt man auf den Canarischen Inseln caldera, die radienförmigen Einschnitte aber barancos, und die Wissenschaft hat diese Bezeichnungen beibehalten, wenn das Verhältniß, welches durch sie ausgedrückt wird, deutlich vorhanden ist. Vulkane also, die bloß aus einem solchen Kegel mit deutlicher Caldera und scharfen Barancos bestehen, sind das Erzeugniß einer einmaligen gewaltsamen Erhebung des Bodens durch vulkanische Agenten, welche aufhörten zu wirken, nachdem sie dies erste großartige Product ihrer Thätigkeit geschaffen hatten. Allein die meisten Vulkane, und namentlich fast alle noch thätigen, sind nicht bei einem so vereinzelt, einmaligen Gebilde stehen geblieben, sondern haben ähnliche Aufreibungen von Zeit zu Zeit wiederholt. Mit diesen späteren Eruptionen konnten nun, nachdem die über dem Vulkan liegende Decke gehoben war, nur Auswurfstoffe aus der Tiefe emporgetrieben werden, und da die Masse derselben im Allgemeinen viel geringer ist, als das Material des Erhebungskraters, so mußte sich dieselbe in der Caldera zunächst ansammeln und nach physikalischen Geseßen kegelförmig aufhäufen. Diese späteren Auswurfstoffe bilden

den Auswurfskrater, und seine Mündung ist der wahre Abzugskanal aller noch thätigen Vulkane, der eigentliche Krater. Es leuchtet ein, daß letzterer eine sehr verschiedene Größe haben kann, je nach der Größe des Erhebungskraters, der Masse von Auswurfstoffen und der Anzahl späterer Eruptionen; ja diese werden zumal seine Größe ganz besonders bestimmen und endlich den Auswurfskrater so sehr vergrößern können, daß er nicht bloß über den Rand der Caldera hervorsteigt, sondern die ganze Caldera mit seinen Stoffen ausfüllt und selbst die Schichten des Erhebungskraters noch bedeckt. Dann wird der Unterschied beider Krater verschwinden, oder falls die Auswurfsmassen von denen des Erhebungskraters verschieden sind, nur noch in ihnen die Verschiedenartigkeit des Erhebungskegels vom Auswurfskegel erkannt werden können.

Gegen diese Vorstellung sind andere Geognosten mit Einwürfen aufgetreten, welche die Zulässigkeit einer Erhebung der Vulkanschichten in anderer Weise, als durch bloße Aufschüttung oder Aufhäufung, unwahrscheinlich machen wollten. Diese Gegner, unter denen der Engländer Ch. Lyell einer der ersten war, behaupten, daß zwischen den Gesteinen des Erhebungs- und Ausbrucheskegels kein genügender Unterschied stattfindet, sondern daß sie sich ebenso zu einander verhalten, wie die Auswurfstoffe noch thätiger Vulkane aus verschiedenen Zeiten; sei also der eine Keil aufgeschüttet, so sei es auch der andere. Dann aber wenden sie mit größerem Nachdruck die Form der Barancos ein, welche, wenn sie durch Verüstung gehobener Schichten entstanden, natürlich oben in der Nähe des Kraterrandes am breitesten sein und gegen den Fuß des Kegels schmal auslaufen müssen, während sie doch alle gerade umgekehrt oben schmaler, unten breiter sind, und von den vielen in der Regel nur einer bis in die wirkliche Caldera reicht, die anderen aber in der Nähe des Kraterrandes enden. Die Gegner der Erhebungskegel suchen darzuthun, daß diese Barancos spätere Auswaschungen abfließender Gewässer seien, und geben höchstens von dem bis in die Caldera dringenden Hauptbaranco zu, daß er auf einer Spaltung beruhe. Sie leiten demnach den Erhebungskrater ebenfalls von einer Aufschüttung der aus der Tiefe emporgestiegenen vulkanischen Massen ab, und nehmen für diesen ältesten und ersten Ausbruch eine sehr großartige Thätigkeit des Vulkans zur Zeit seiner Bildung an, gegen welche die späteren Eruptionen, wenn sie es nicht bis zu einer Ausfüllung der alten Caldera brachten, unbedeutend erscheinen. Die Bildung der Caldera erklären sie ebenso sehr aus der Gewalt, mit welcher diese ältesten und ersten Auswurfsmassen hervorgetrieben wurden, wie aus späteren Einstürzen der

Spitze des Kegels, welche erfolgten, als der Vulkan seinen ersten Ausbruch vollendet hatte, und nun die von seinen Ausbruchsstoffen in der Tiefe gelassenen Lücken durch Einstürzen eines Theils der aufgehäuften Massen wieder ausgefüllt werden mußten. Wir werden daher, wenn diese Ansichten die richtigeren sind, nur bei kleineren und allermeistens bei erloschenen Vulkanen einen relativ sehr weiten und großen Krater antreffen müssen, bei noch thätigen aber einen viel kleinern, wenn auch höher aufsteigenden; weil die beständigen Eruptionen immer neue Auswürflinge hervor führen, und das Einstürzen der Spitze bis auf beträchtliche Tiefen hindern. Und so ist es in der That.

Dennoch scheint die Buch'sche Ansicht in vielen Fällen völlig am Orte zu sein, besonders aber dann, wenn geschichtete Lagen den Fuß des Kegels umgürten. Davon liefert die griechische Insel Santorin, die letzte der kleinen Cycladen, ein vortreffliches Beispiel, insofern sie mit den beiden kleinern ihr gegenüberliegenden Inseln Therasia und Apronisi einen vormaligen, durch Einbrüche des Meeres geöffneten Krater bildet, in dessen Mitte noch in historischer Zeit viermal neue oder Eruptionskegel aufstiegen, welche die kleinen Inseln Hier a (Palai o Kamen i) und Neo Kamen i hinterließen. Gegen diese Inseln zu bestehen die Kraterwände aus Trachyt, am äußeren Umfange des Ägäischen Meeres aber aus Thonschiefer, dessen Schichtungsflächen, wie es die Erhebung mit sich bringt, gegen das Meer hin einfallen. Ähnliche Wahrnehmungen sollen an mehreren Inseln unter den kleinen Antillen gemacht sein. Es würde demnach, worauf es doch bei diesen Dingen am meisten ankäme, bewiesen sein, daß auch die Vulkane benachbarte Erdschichten heben können, und daß ihre Bestandtheile keineswegs in allen Fällen bloß aufgehäuften Eruptionsmassen sind.

Die auf solche Weise im Allgemeinen gebildeten Feuerberge zeigen uns nun in gegenwärtiger Zeit eine Thätigkeit, welche hauptsächlich auf Erscheinung doppelter Art zurückgeführt werden kann; nämlich auf wirkliche Ausbrüche mit Ausbruchsstoffen verbunden, und auf Erschütterungen des Bodens in ihrer Nähe, sogenannte Erdbeben. In der Regel treten beide gleichzeitig auf, oder wechseln in kurz auf einander folgenden Perioden, sich mehrmals in ähnlicher Weise wiederholend. Das majestätische Schauspiel einer solchen Eruption zu schildern, ist demnach, wegen der mannigfachen Wechsellerscheinungen und gleichzeitigen Begebnisse, eine sehr schwierige Aufgabe, und der Erfolg einer solchen Darstellung um so unsicherer, als die größte Ueberraschung doch immer die unmittelbare An-

schauung gewährt, und eine Umschreibung mit Worten nie im Stande sein wird, den Eindruck bloß annähernd hervorzubringen, welchen der Anblick der Erscheinung selbst verursacht.

Geraume Zeit vor dem Eintritt einer wirklichen Eruption pflegen Erdschütterungen das Herannahen einer solchen zu verkünden; besonders wenn der Kratergrund seit einiger Zeit sich mehr gehoben hat, und aus der Trichterform langsam während mehrerer Jahre anschwellend in die einer leicht vertieften Ebene übergegangen ist. Alsdann verrathen auch schon senkrecht aus dem Krater aufsteigende, oberhalb in mannigfachen Wirbeln sich kräuselnde Dämpfe, welche die fruchtbare Einbildungskraft der Italiener seit Jahrhunderten dem schlanken Wuchs der einheimischen Pinien verglichen hat, die bis dahin schlummernde Thätigkeit der unterirdischen Mächte deutlicher und geben den Anwohnenden ein mahnendes Zeichen, daß mit ihnen, um mich der Worte des Dichters zu bedienen, kein dauernder, kein ewiger Bund zu schließen sei. Während an manchen Vulkanen diese Rauchsäulen, in Italien *Fumarolen* genannt, erst bei bevorstehenden Eruptionen sich einstellen, anfangs leichten Wasserdünsten gleichend, hauchen andere Vulkane beständig solche Dunstmassen aus, und verkünden die Nähe einer Eruption höchstens durch Vermehrung ihrer Fumarole an Umfang und Intensität der sie bildenden Dämpfe, bis zum Ansehen einer schweren, das Haupt des Berges umlagernden Gewitterwolke. Ehe es jedoch zu einer solchen Höhe der Ausbrucherscheinungen aus dem Krater selbst kommt, zeigen die Entwicklung der Eruption andere Zeichen in seiner Nähe an. So vernimmt man in der Regel gleich anfangs ein eigenthümliches Getöse, das dem Zischen verdampfenden, auf glühende Kohlen geschütteten Wassers gleicht, sich nach und nach bis zu dem Brausen gewaltsam aus engen Mündungen strömender Dämpfe steigert, und später in wirkliche Detonationen übergeht, wie wenn man fernen Kanonendonner hörte. Mit diesen Geräuschen verbinden sich leise Beben des Bodens, die bald zunehmen, oder auch jetzt schon sehr heftig sein können, wenn leichte Erdschütterungen allen anderen Erscheinungen vorangingen; ein starker Knall, welcher nun zu erfolgen pflegt, und meistens mit einer plötzlichen Entzündung der Rauchsäule verbunden ist, verkündet dann den wahren Anfang der Eruption, die alsbald mit dem Auswerfen glühender Substanzen beginnt und in ähnlicher Thätigkeit bleibt, so lange sie dauert. Jetzt füllt sich auch der durch jene erste Explosion zerrissene Kratergrund mit glühender Lava, die absatzweise an verschiedenen Stellen hervorquillt; oftmals berstet er während dieses Hebens aufs Neue, thürmt sich zu kleinen Schlackenkegeln in seiner

Mitte oder an den Eruptionspunkten auf, und stößt um so stärkere, dunklere Rauchwolken mit immer zunehmendem Geprassel aus. Bei einer solchen Steigerung der Rauchmassen ist die Eruption schon in voller Thätigkeit; sie verfinstert mit ihren Dünsten die Tageshelle und läßt kaum noch dem Lichte der strahlenlosen Sonnenscheibe einen schwachen Durchweg; denn ein feiner aschenartiger Staub fällt aus der Luft herab und zeigt an, daß nicht bloß Dampfwolken, daß auch erdige Bestandtheile emporsteigen und von den Dämpfen mit fortgerissen aus den kälteren, minder bewegten Luftschichten der Umgebung mit feinen Wassertropfen gemengt wieder herabfallen. Beide überziehen, gleich einer Trauerdecke, alle benachbarten Gegenstände, und tödten oft schnell und sicher, sei es durch die Hitze, sei es durch den feinen Staub und die Schwefeldämpfe oder die Säuren, welche dem Wasser beigemischt sind, Pflanzen und Thiere. Dabei sieht man fortwährend die unteren Theile der Rauchmassen erleuchtet, ja flammend; ein Widerschein der im Krater sich hebenden glühenden Lava, welcher mit sichtbarer Intensität zunimmt, wie diese frisch hervorquillt und nach oben allmählig schwächer werdend in den Dunstmassen sich verliert, zuletzt nur noch die gewölbten Ränder ihrer Wirbel mit einem glühenden Saume bemalend. Immer lauter wird zugleich das Getöse, immer schneller folgen einander die Schläge, und Donner auf Donner treibt die emporlodernenden Dampfmassen zu einer schwindelnden Höhe hinan. Oft fahren, von solchen Explosionen getrieben, die glühenden Körper senkrecht durch die Rauchwolken, neigen sich, wenn ihre Fliehkraft erschöpft ist, unter Bogen, und fallen mit prasselndem Geräusch auf die Kraterwände nieder; hier nach allen Seiten gleich Eisenschlacken, die der Hammerschlag abtreibt, zerspringend. Selbst in der Luft trennen sie sich, wenn ein Theil der unförmlichen Masse, größere Schwere besitzend, eine andere Fliehkraft erhalten hat, und strahlenförmig lösen sie sich dann, gleich aufsteigenden Raketen, in ihre verschiedenartigen Bestandtheile aus einander. Und immer schneller und schneller folgen die Stöße, immer lauter wird ihr Knall, immer zahlreicher die Menge der emporgeschleuderten Feuerklumpen, immer stärker das Geprassel ihrer fallenden Bruchstücke. Hier erfaßt wohl ein nachfolgender den bereits zurückkehrenden, und die Heftigkeit des Stoßes der sich begegnenden mehrt die Zerplünderung, steigert die gleich plagenden Bomben umhergeschleuderten Scherben. Da nahet aufs Neue das lange gefürchtete, ängstlich erwartete, schaudervolle Erzittern des Bodens, der dem Andrang der eingepreßten Dämpfe nachgebend sich windet und berstet, und radienförmig nach allen Seiten von der Mitte des Berges aus die Ebene zertrümmert. Und

diese Erschütterung ist es, welche unter allen Eruptionsercheinungen den Menschen am meisten schreckt, welche ihn aus dem wirthlichen Dache in die aufgeregte Natur hinaustreibt und nöthigt, sehender Zeuge des großen Ereignisses zu sein, das einst in gesteigerter Höhe die Erdoberfläche bildete und denselben Boden aus dem Meere emporhob, den es nun seinen andrängenden Wogen in erneuter Katastrophe wieder preisgibt. Doch das Ende des Unheils, so schauerlich schön in seinen einzelnen Zügen, steht nahe bevor. Schon zeigt sich der glühende Fluß leicht gewölbt über den niedrigsten Stellen des Kraters, schon fließt an einzelnen Punkten die geschmolzene Lava herunter und schlängelt sich langsam, eine feurige zähe Masse, an den Wänden des Kegels fort, die niedrigen, ihr im Laufe begegnenden Gesträuche entzündend, daß sie mit flackernder Flamme auf ihrer Fläche emporlodern. Bald folgt solchen Vorläufern der feurige Hauptstrom nach. Während aller dieser Erscheinungen immer mehr im Krater emporgestiegen, durch neue, neben den alten hervorbrechende Fluthen näher und näher dem Rande gerückt, endlich sogar polsterartig über den tiefsten Stellen des Randes eine Zeit lang schwebend, sinkt plötzlich, von einem Donnergetöse und heftigen Erschütterungen begleitet, die glühende Lava herab, und in demselben Augenblicke strömt sie aus einer entstandenen Spalte tief unten am Fuße des Regelberges hervor, anfangs vom Drucke der über der Oeffnung stehenden Massen selbst fontainenartig aufsteigend und immer breiter, mächtiger in die fruchtbare, von Menschen sorgfältig bebauete Ebene sich ergießend. Schnell windet sich dieser verheerende Fluß mit stets wachsender Gewalt auf der geneigten Fläche zur wirklichen Ebene hinab, und öffnet durch den leer gewordenen Krater den elastischen Stoffen einen Ausweg. Von Asche begleitet und sie mit sich fortführend steigen die Dämpfe einer dunkeln Säule gleich hoch empor und gestalten sich oben in den Lüften zu jener Pinienform, die schon den ältesten Beobachtern aufsiel. Dieser majestätische ungeheure Aschenbaum bildet die tragische Schlussscene der ganzen Erscheinung, er breitet seine Krone unheilswanger über die Ebene aus, und bedeckt sie, sich senkend, mit seinem düstern Laube auf ewig; an 100 Fuß mächtige Lager hat er einstens über *Herkulanum* und *Pompeji* ausgeschüttet<sup>1)</sup>. Auf solche Weise begleiten ähnliche Er-

1) Beide Städte sind übrigens nicht gleich stark verschüttet worden. Nur über *Herkulanum*, welches dem Vesuv näher liegt, beträgt die Erddecke gegenwärtig 70—112 Fuß, rühret aber, wie die Durchsicht zeigen, mindestens von sechs verschiedenen Eruptionen her. *Pompejis* Gebäude haben bloß eine Decke von 12—20 Fuß. Lava hat sich nicht über sie ergossen, das Verschüttungsmaterial besteht nur aus Asche und Lapilli.

scheinungen, in größeren, geräuschvolleren Phasen wiederkehrend, den unheilvollen Cyclus der Eruptionssphänomene von ihrer höchsten Ausbildung durch mannigfache Abstufungen rückwärts zu jener unscheinbaren Dampfsäule zurück, welche als der erste Bote so grauenvoller Entwicklungen die Uebergangserscheinungen einleitete.

Wenn endlich die Tageshelle diesen durch die großartigsten Leuchtfeuer nur schwach erhellten Finsternissen wieder folgt, so zeigt sich das ganze Bild der Zerstörung in seiner Vollendung; alles urbare Erdreich rings umher ist von aufgeschütteter Asche bedeckt, auf den Wänden des Berges und an seinem Fuße lagern die tausend und aber tausend Bruchstücke der zersprungenen Auswurfsmassen, und zwischen neuen Erdschichten windet sich der noch heiße, glühende, rauchende, ja stellenweis flammende Lavaström im selbstgebildeten Bette zu einer Tiefe hinab, wo ihm die Fallhöhe fehlt und der zähe Fluß in sich seinen Haltpunkt findet. Alles umher gleicht einer trostlosen Einöde, die grünende Pflanzendecke fehlt, die verdorrten Bäume strecken ihre bestäubten Aeste blattlos in die düstern Lüfte, und das thierische Leben hat schon längst aufgehört hier zu schlagen, ja es hat in der glühenden Asche selbst die Spuren seines Daseins verloren. — So etwa mochte der Anblick sein, als 79 Jahre nach Christi Geburt der Vesuv aus seinem vieljährigen Schlummer zum ersten Male wieder erwacht war, im Vollgefühl seiner verheerenden Kräfte 30 Quadratmeilen mit seinen Auswürflingen bedeckte und drei volkreiche Städte mit ihren sorglosen Bewohnern in den ewigen Todesschlaf einhüllte<sup>2)</sup>. Nur als Schatten ehemaliger Herrlichkeit sollten sie aus den Gräbern nach 1700 Jahren wieder emporsteigen.

Statt dieser grauenvollen Landschaft zeigt uns der Holzschnitt den Krater des Vesuv im Zustande schlummernder Thätigkeit, wie er im August 1834, vor den bald erfolgten Eruptionen, sich ausnahm. Man gewahrt im Vordergrund die obersten Ränder des beim Ausbruch vom Jahre 79 gebildeten, jetzt alten Kraters, und sieht seine fast senkrecht abschüssige Wand an der linken Seite bis zum Hintergrunde sich hinziehen. Hier bedeckt sie der neueste Eruptions-Aschenkrater, ein glockenförmiger Berg von mehr als 300 Fuß Höhe, welcher mitten auf dem horizontalen Krater-

<sup>2)</sup> Man findet in den Ruinen von *Herculaneum* und *Pompeji* nur sehr wenige menschliche Gebeine, weil die meisten Bewohner Zeit genug hatten, beim Beginn der Eruption die Stadt zu verlassen.

plateau ruht und nach rechts an eine leichte Erhebung des Kraterbodens sich lehnt, hinter welcher aus einer breiten Spalte kleine Eruptionssägen in mehrfacher Zahl hervorragen. Von da ist der ebene Kraterboden bis zum



Vordergrunde mit den wild über einander geschobenen Schlacken erkalteter Lava bedeckt, während in der Mitte des Bildes ein frischer Lavaström aus dem Boden hervorquillt und zum Rande des Kraters hinabfließt, auf beiden Seiten von aufgehäuften Wällen kalter Schlacken eingefasst. Leichte Fumarolen, wie sie auch aus den Eruptionssägen entweichen, erheben sich von seiner Fläche und hinter seiner Quelle gähnt am Fuße des großen Aschenkegels eine andere leere Spalte mit leicht gehobenen Rändern; der übrige Boden ist von Asche und Lapillis bedeckt, deren lockere Schicht noch stellenweis die Furchen zeigt, in welchen frühere Lavaströme sich bis zum Rande des an der äußersten rechten Seite bereits von ihnen überwölbten alten Kraters hinwanden.

Untersuchen wir jetzt die im Zusammenhange dargestellten Ausbruchserrscheinungen im Einzelnen, so ergeben sich uns hauptsächlich vier verschiedene Auswurfstoffe, nämlich Rauch, Asche, emporgeschleuderte Körper und Lava, als Gegenstände der Betrachtung. Jeder von ihnen hat wieder sehr mannigfache Bestandtheile und bedarf deshalb einer ausführlicheren Erörterung.

Zunächst der Rauch ist, so lange er noch eine weißliche Farbe besitzt, größtentheils bloßer Wasserdampf, der allen anderen Eruptionsercheinungen voranzugehen pflegt, weil zu seiner Bildung, zur Verdunstung des Wassers, die allergeringsten Hitzegrade erforderlich sind. Aus demselben Grunde strömt er an sehr vielen, besonders größeren Vulkanen beständig aus, weil immer in ihrer Tiefe ein Hitzegrad vorhanden ist, der Wasser siedend machen und in Dampf verwandeln kann. Ueber den Ursprung dieses Wassers ist vielfältig gestritten worden und noch mehr über seinen Antheil an dem Ursprung der vulkanischen Eruptionen überhaupt; es scheint indes bei allen Vulkanen, die nicht in unmittelbarer Nähe des Meeres sich befinden, das atmosphärische Wasser zu sein, was der Vulkan, sobald es bis in den Bereich seiner gesteigerten Temperatur gekommen ist, in Dampf verwandelt und als solchen aushaucht. Eine frühere Annahme, daß es nur Meerwasser sei, welches in der Tiefe einen Zugang zum Herde des Vulkans gefunden habe, und daselbst durch die schnelle Oxydation aufgehäufter Metalle, namentlich des Kali-Metalls, die hohen Hitzegrade, die Expansionen und überhaupt alle Eruptionsercheinungen veranlasse, hat in neuerer Zeit keine Vertreter mehr gefunden, und ist als eine unnöthige oder nicht zu beweisende Hypothese wieder verlassen worden. Auch spricht die Entdeckung großer thätiger Vulkane im Inneren Asiens gegen die Möglichkeit, daß Meerwasser zu ihrem Herde gelangen und nur dieses vulkanische Erscheinungen bedingen könne. Wir sind daher genöthigt, wie für die Quellen, so auch für die Wasserdämpfe der Vulkane, das von der Erdoberfläche eingefogene atmosphärische Wasser als wichtigsten Urquell anzunehmen, und glauben, ohne das Meerwasser in den Fällen, wo es den vulkanischen Herd zu erreichen im Stande ist, von seiner Theilnahme am vulkanischen Proceß ausschließen zu wollen, in den Untersuchungen, welche den Ursprung des Quellwassers aus der Atmosphäre dargethan haben, auch hinreichende Beweise für diese zweite Annahme zu finden. — Reine Wasserdämpfe sind indessen selten, und werden gewöhnlich nur im Zustande schlummernder Thätigkeit, ja selbst dann kaum, ausgeschieden; die meisten Wasserdämpfe enthalten zugleich andere Gase, ja selbst feste Stoffe, die bloß durch die Hitze des Vulkans dampfförmig gemacht wurden. Vorzüglich sind es Schwefeldämpfe, welche die Wasserdämpfe begleiten, und während der Production beider zu mannigfachen chemischen Verbindungen sich gestalten. — Wir treffen fast überall Schwefelwasserstoffgas, schwefelige Säure und selbst reine Schwefeldämpfe in den Fumarolen an. — Diese Stoffe verrathen sich leicht und schnell durch eigenthümliche

Gerüche (der des Schwefelwasserstoffs gleicht dem sinkender fauler Eier), und tragen einen Theil der nachtheiligen Wirkungen in sich, welche von den vulkanischen Dämpfen auf die Umgebungen des Vulkans ausgeübt werden. In die Luft ausströmend, setzt der Schwefel sich wieder in fester Gestalt an, und bildet gelbe pulverförmige Ueberzüge an den Rändern von Spalten und Rissen, aus welchen er hervorströmt; auch in hohlen Räumen sammelt er sich, und findet sich nicht selten krystallförmig in Gesellschaft von Gyps ganz ähnlich, wie wir ihn auf Gängen und Lagern im Urgebirge antreffen. Die Schwefelsäure geht wohl Verbindungen mit Salzbasen ein, und scheint einen Theil des kohlenfauren Kalkes in Gyps zu verwandeln, der bekanntlich eine Verbindung von Kalkerde und Schwefelsäure ist. Aus dem häufigen Vorkommen des Schwefels in fast allen vulkanischen Ausbruchsstoffen scheint sich somit die häufige Anwesenheit des Gypses, zumal als feinförniger oder Alabaster, zu erklären. Auch mit Thonerde verbindet sich die Schwefelsäure, und bildet auf solche Weise, erdige Massen zersezend, den Alaunstein, der in manchen vulkanischen Gegenden (Ungarn, Frankreich) gefunden wird. — Nächst den Schwefelverbindungen sind es besonders Chlorverbindungen, welche in den vulkanischen Dämpfen vorkommen. Die wichtigste dieser Verbindungen ist die Salzsäure, welche aus Chlor und Wasserstoff besteht; leicht kenntlich an ihrem stechenden Geruch und der schneeweißen Farbe ihrer Dämpfe. Sie findet sich indessen minder häufig, als die Schwefelsäure, und wenn sie vorkommt, mehr an Salzbasen gebunden, namentlich mit dem Natron als Kochsalz<sup>3)</sup>, und mit Ammonium als Salmiak. Letzteres Salz ist sehr flüchtig, daher Dämpfe desselben, ganz wie Schwefeldämpfe, in den Fumarolen enthalten sind, und ähnliche Ueberzüge an Stellen bilden, wo die kältere Atmosphäre die Dämpfe nöthigt, eine feste Form anzunehmen. Selbst das Kochsalz ist flüchtig bei einer Temperatur, welche dem Glühpunkte des Eisens nahe kommt, und bildet aus demselben Grunde Salzkruften an verschiedenen Stellen mancher Vulkane. Namentlich sind solche Salzabsätze häufige Erscheinungen am Vesuv, wo sie von den ärmeren Volksklassen begierig aufgesucht und als Quellen von Erwerb benützt werden. Auch der Hekla auf Island producirt Kochsalz. Seltener als Chlor und Schwefel ist in den Fumarolen der Kohlenstoff, doch nur in einer Form, nämlich in seiner Verbindung mit Sauerstoff als Kohlenensäure enthalten. Man kennt sie be-

3) Bei der Bildung des Kochsalzes verwandelt sich die Salzsäure, indem sie ihren Wasserstoff abgibt, in Chlor und es entsteht Chlornatrium. Vergl. die Note S. 40.

sonders in den Fumarolen der südamerikanischen Vulkane und vermuthet, daß die vielen kohlenensäurehaltigen Quellen, deren kühlende Wasser, gleich dem von Selters, durch Aufbrausen oder Blasenentwicklung das flüchtige Gas zu verrathen pflegen, seinen Besitz einer schlummernden vulkanischen Thätigkeit verdanken, besonders weil man solche Quellen oder Sauerbrunnen fast nur in der Nähe von vulkanischen Gebirgen antrifft. Manche dieser Gegenden hauchen geradezu Kohlenensäure aus, wie z. B. die berühmte Hundsgrotte bei Neapel, welche ihre untere, letale Schicht ebenfalls dem Ausströmen der Kohlenensäure schuldet. In allen Kellern Neapels wird sie in überwiegender Menge angetroffen, ja in längere Zeit verschlossen gewesen ist sie so mächtig, daß hineintretende Personen sofort betäubt werden und bewusstlos niederstürzen. Die Italiener haben sie auch seit geraumer Zeit an ihrer nachtheiligen Wirkung auf die thierischen Organismen und den Menschen kennen gelernt, wiewohl sie der Atmosphäre kein eigenthümliches Ansehn giebt, und Stellen, wo sie in Masse aufsteigt, Moseten genannt<sup>4)</sup>. — Dies sind die wichtigsten Stoffe, welche in Dampfgestalt die Fumarolen bilden, und in der Regel auch dann in ihnen sich finden, wenn keine andere Eruptionsercheinung jene Rauchsäule begleitet. Ihre Einwirkung auf die Umgebung ist, wegen so vielfacher Bestandtheile, höchst mannigfach und je nach den Localitäten verschieden; ich gedenke hier deshalb nur einer mehr allgemeinen Wirkung, die im Entfärben vieler Gesteine durch diese Dunstmassen besteht, und wohl von den bereits erwähnten Ueberzügen unterschieden werden muß. Da, wie oben erwähnt wurde, ein Hauptfärbemittel aller dunkeln Laven das Magneteisen ist, so wird die Entfärbung desselben durch Säuren, welche mit ihm im Wasser lösliche Verbindungen eingehen, Ursache, daß die Laven nach und nach eine weißliche Farbe annehmen, und endlich ganz der Kreide gleichen. Die berühmte Solfatara bei Neapel ist ein solcher durch schwefelsaure Dämpfe entfärbter vulkanischer Herd, und die liparischen wie canarischen Inseln zeigen ähnliche Vorkommnisse. Uebrigens entfärben sich manche Laven leichter und schneller, als andere, und so kann es kommen, daß einzelne Vulkane

4) Die Kohlenensäure entweicht aus den Vulkanen am beträchtlichsten im Zustande schlummernder Thätigkeit und wird vorzugsweise von den Vulkanen Quito's entwickelt, weil diese keine heftigen Eruptionen mehr machen. Sie soll vom kohlenfauren Kalk benachbarter Lager herrühren und durch Glühen desselben in der Tiefe aus ihm entbunden werden, gleich wie das Kochsalz aus dem Meerwasser, welches bis zum vulkanischen Herde hinabdrang. —

stellenweis mit entfärbten Streifen versehen sind, anderweitig aber ihre dunkle Farbe behalten.

Die Asche, welche oben als zweiter Theil der Auswurfstoffe aufgeführt wurde, stellt sich in der Regel erst um die Mitte einer Eruption oder gegen Ende derselben ein und besteht aus fein zerkleinertem Erdreich, das bald das Ansehen eines grauen Mehles hat, bald gröber ist und mehr Kies gleicht, daher in dieser Form auch Sand genannt wird. Sie ist in beiden Gestalten nur fein zerkleinerte Lava, gleichsam gepulverte erdige Lava, deren einzelne Partikelförmchen, seien sie fein oder grob, aus kleinen Krystallen von Feldspath, Augit, Titaneisen, Magneteisen, Olivin und anderen Bestandtheilen der Laven bestehen, welche der aufsteigende Dampf wegen ihrer Leichtigkeit mit emporhebt und weithin über die Ebene ausschüttet<sup>5)</sup>. Die Asche ist auch die Ursache des dunkeln Ansehens der fumarolen, wie des trüben Sonnenlichtes während der Eruption überhaupt, weil sie sich in solcher Menge in der Luft befindet und wegen ihrer Feinheit so langsam niedersinkt, daß sie die Atmosphäre gleichsam erfüllt und den meisten Lichtstrahlen keinen freien Durchgang mehr gestattet. Wie übrigens die Lava sich so fein zertheilen könne, weiß man noch nicht mit Gewißheit; allein die Möglichkeit dazu muß leicht und allgemein sein, da die ausgeworfenen Quanti-

5) Zahlreiche werthvolle Untersuchungen von Ehrenberg haben seitdem nicht bloß in der losen vulkanischen Asche, sondern auch in den zusammengebackenen vulkanischen Tuffen, selbst in Bimssteinen, sowohl neuen als älteren, organische Verhältnisse nachgewiesen, namentlich die Kieselgerüste der Bacillarien und Phytolitharien. Wenn einige Naturforscher, durch den wässerigen Ursprung solcher Organismen verleitet, die genannten vulkanischen Producte für neptunische Gebilde erklären wollten, so hätten sie dazu freilich keinen genügenden Grund; vielmehr stellen sich die beobachteten Thatsachen nur in die Reihe der vulkanischen Schlammernuptionen und des Auswurfes tochter Fische bei Ausbrüchen in der Cordillere Amerikas. Alle drei Phänomene beweisen nicht mehr, als daß superficielle Gewässer mit ihren organischen Bewohnern einen Zugang zum vulkanischen Herde finden, und später mit den geschmolzenen vulkanischen Producten gemischt durch den vulkanischen Schlund wieder an die Oberfläche gelangen. In dieser Beziehung sind Ehrenberg's Entdeckungen von hohem Interesse und werden es immer mehr durch die Ausdehnung, welche sie unter seinen rastlosen Händen erhalten. Namentlich scheint es mir von Wichtigkeit zu sein, durch die organischen Verhältnisse den Nachweis liefern zu können, daß zu gewissen Vulkanen (Island, Gifel) süße Gewässer einen Zugang haben, weil von ihnen Süßwasser-Organismen ausgeworfen werden, während andere Vulkane Seeeschöpfe (Patagonien) heben, und wieder andere nur unorganische Producte (canarische, liparische Inseln). Man vergl. die Berichte über die Verhandl. der Berl. Academie. Juni 1846.

täten Asche sehr beträchtlich sind, und namentlich bei jenem denkwürdigen ersten Ausbruch des Vesuvs bloß sie die genannten drei Städte verschüttete. Sie war, nach des jüngeren Plinius Aussage, so mächtig, daß noch zu Misenum, über 5 Meilen in geradliniger Entfernung vom Vesuv, die Tageshelle verfinstert wurde, und in Stabiä, wo der ältere Plinius ankam, eine Dunkelheit herrschte, wie in einem verschlossenen Zimmer, in dem man plötzlich die Lichter auslöscht. Und in der That muß ihre Menge groß gewesen sein, da gleichzeitige Schriftsteller versichern, man habe zu Rom, wie an der Afrikanischen Küste, ja selbst in Syrien ihr Fallen bemerken können. Einige Beobachter leiten die Aschenbildung von den plötzlichen Ausbrüchen der entweichenden Gase durch die flüssige Lava ab; sie lassen den glühenden Fluß in Aschenform auseinanderprühen, dann erkalten und auf diese Weise zu der Asche Veranlassung geben. Dafür spricht auch der Umstand, daß große Quantitäten Asche erst ausgeworfen werden, wenn schon viele flüssige Lava im Krater vorhanden ist, und kurz nach dem Abfluß der Lava auch die meiste Asche ausgeleert wird. Daß sie häufig mit feinen Wassertropfen oder Wasserdämpfen verbunden ist, wurde schon früher erwähnt; sie bildet daher mitunter, wenn sich diese Wassermassen zu wirklichen Gewitterregen anhäufen, was am Vesuv mehrmals der Fall gewesen ist, einen schlammigen Ueberzug auf dem Boden, und rechtfertigt in dieser Form die übliche Bezeichnung eines Aschenregens.

Leichter erklärt sich der Ursprung jener glühenden Körper, welche unter Explosionen durch die Dampfvolken emporsteigen und fallend die mancherlei Bruchstücke bilden, welche man in Italien Lapilli oder Kapilli (nach der Sprechweise des gemeinen Volkes, welche sich sonderbarer Weise in diesem Falle die größere wissenschaftliche Geltung erworben hat) zu nennen pflegt. Sie sind ihrer ganzen Beschaffenheit nach Bruchstücke der Kraterwände oder losgerissene Lavamassen, welche die entweichenden Dämpfe sowohl abtrennen, als auch emporschleudern. Von der jedesmaligen Kraft, die eine solche durchbrechende Dampfmasse besitzt, hängt theils die Größe der Lapilli, theils die Entfernung ab, bis zu welcher sie emporgeschleudert werden, und ebenso folgt aus ihrem Ursprunge von der Kraterwand oder aus der Lava selbst ihre bald schwarze, bald glühend rothe Farbe und Beschaffenheit. Lapilli der zweiten Art erkalten natürlich sehr schnell, weil sie nur wenig Umfang haben, und nehmen aus demselben Grunde die Glasform der Laven an, gleichen also Schlacken völlig. Eben deshalb zerspringen sie so leicht und zertheilen sich in viele kleine Stücke von Erbse- bis Nußgröße. Ist ihr Emporsteigen mit Detonationen verbunden, so

scheinen sich entzündende, hell aufflammende Gase<sup>6)</sup> sowohl die Ursache des Knalles, als auch des Emporschleuderns der Materien zu sein, welche später zu Lapilli sich gestalten; dagegen ist ein stärkeres Andrängen nicht entzündlicher Dämpfe mit Erderschütterungen und Hebung von Lava verbunden. Beide Erscheinungen sind also Resultate einer Ursache, sie erklären es, warum mit den letzten Hebungen, durch welche die aufgehäuften Lavamassen über den Kraterand emporsteigen, auch die stärksten Erschütterungen des Bodens verbunden zu sein pflegen.

Von dem letzten Auswurfstoffe, der Lava, ist schon im vorigen Abschnitte ihren Bestandtheilen und ihrer Form nach die Rede gewesen, es scheint daher unnöthig, hier andere Eigenheiten als solche zu erörtern, die dort noch nicht zur Sprache gebracht werden konnten. Besonders ist es die Art des Emporsteigens, welche uns sowohl in ihren Erscheinungen, als auch in ihren Ursachen interessiren muß. Zwar hebt sich die im Krater stehende Lava, wie bereits früher erwähnt wurde, nach und nach, aber nicht bloß zur Zeit der Eruption, sondern öfters schon lange vorher, ehe noch irgend eine andere Eruptionsercheinung wahrgenommen wird. Wir müssen zu diesem Endzweck die Beschaffenheit des Kraters kurz nach einem Ausbruch betrachten und bemerken, daß derselbe bald nachdem die Lava abgeflossen ist, zusammenzustürzen und zu einem tiefen Trichter sich zu gestalten pflegt, dessen Grund selbst eine Einsenkung, gleichsam ein Abzugsrohr ins Innere besitzt. Dieser Kanal verstopft sich in der Regel zuerst und verschließt dadurch den innern Theilen des Vulkans ihre Mündung. Gewraume Zeit, selbst Jahre, ja Jahrzehnte kann der Krater die Beschaffenheit einer trichterartigen Vertiefung behalten, und so lange sie bleibt, ist alle Furcht vor Eruptionen unnöthig; bemerkt man aber, daß der Boden des Trichters sich zu heben anfängt, daß der Trichter immer flacher und flacher wird, so ist ein Zeichen vorhanden, daß Eruptionsercheinungen bevorstehen. Doch können noch Jahre über ihre Ausbildung hingehen. So fand Babbage den Krater des Vesuv gleich nach der Eruption im Jahre 1822 an der höchsten Stelle des Randes 880, an der niedrigsten etwas über 430 Fuß tief, welche Tiefe bis März 1827 unverändert blieb; von der Zeit an

6) Man hat viel gestritten, ob die Feuererscheinungen bei einer Eruption wirkliche Flammen sind, oder bloß von glühenden Körpern herrühren. Es scheint jetzt diese Meinungsverschiedenheit dahin entschieden zu sein, daß wahre Flammen nur von Zeit zu Zeit unmittelbar an den Spalten und Rissen des Kraters sich zeigen, die großen Feuermassen der Dampfsäule aber von der glühenden Asche hervorgebracht werden. —

hob sich der Grund bis zum August 1830 um 200 Fuß, und diese Hebung dauerte in gleichem Grade bis zum September 1831 fort, um welche Zeit ein im alten Krater gebildeter neuer Eruptionsskegel den früheren Krater-  
rand überragte. Lavamassen, die in seiner Umgebung hervorquollen, glichen den Unterschied zwischen ihm und dem alten Kraterande völlig aus, und flossen endlich im October desselben Jahres über die tiefsten Randstellen in mehreren Strömen am Kegel hinunter; ein Phänomen, das drei Jahre hinter einander absatzweise fortbauerte, bis im August des Jahres 1834 der neue Kegel unter heftigen Erschütterungen einsank und einen Trichter hinterließ, aus dessen Grunde zwei unabsehbare, durch einen schmalen Damm getrennte Schünde ins Innere hinabführten. — Die eben erwähnte Art, wie die Lava sich hebt, ist übrigens die gewöhnliche; sie steigt zwar anfangs durch gleichmäßige Hebung des Bodens im Krater, allein später, wenn die obersten Schichten zäher geworden sind, bilden sich auf dieser Decke neue Eruptionsskegel, an deren Seiten, wie an den Rändern des alten Kraters, von Zeit zu Zeit glühende Lavaströme hervorbrechen und den Boden durch Ueberfließen erhöhen, bis auch sie wieder zäher geworden von späteren Strömen überfluthet werden. Der letzte von diesen bahnt sich dann über den Kraterand einen Weg, und fließt am Berge hinunter, doch gewöhnlich nur eine kurze Strecke; der Hauptabfluß der Lava erfolgt durch eine neu entstandene Spalte des Kegels näher dem Fuße und stürzt mit um so größerer Gewalt hervor, je tiefer am Berge abwärts diese Mündung befindlich ist. Nur bei sehr heftigen Eruptionen sind solche Ströme mächtig genug, um sogleich bis in die Ebene gelangen und hier sich ausbreiten zu können<sup>7)</sup>.

Daß die Ursachen dieser Hebungen in der Ausdehnung neu gebildeter, einen Ausweg suchender Gase oder Dämpfe ihren Grund haben, wird allgemein und mit Recht angenommen. Ihre Expansionen verursachen anfangs die Erschütterungen des Bodens, welche wirklichen Eruptionen vor-

7) Bei der Eruption des Aetna vom November 1843 durchfloß die Lava in 8 Tagen (vom 17.—25.) einen Raum von 3 geogr. Meilen Länge und erreichte dabei stellenweis  $\frac{1}{4}$  Meile Breite. Die Spalte, aus welcher dieser mächtige Lavastrom hervorbrach, befand sich gegen Westen in der wüsten Region des Berges, war 400 Schritte lang und etwa 30 Schritte breit; sie entstand aus 10 einzelnen Eruptionspunkten, die in radialer Richtung hinter einander lagen. — Seit dem Schluß des vorigen Jahres (1832) hat der Berg wieder einen sehr heftigen Ausbruch gemacht und große Verwüstungen durch seine Lavaergüsse angerichtet. Erst im März des folgenden Jahres wichen die letzten Zeichen seiner Thätigkeit. —

anzugehen pflegen, und da die Decke überall am leichtesten nachgiebt, wo der geringste Widerstand ist, so treiben sie in der Richtung des Kraters diesen Widerstand empor, entweichen auch zum Theil auf derselben Bahn, heben dabei fortdauernd die Decke, schleudern beim Durchbruch Asche und Lapilli heraus, und sprengen endlich die Wand des Kegels, wenn die im Krater aufgehäufte Lava einen zu großen Druck auf die in der Tiefe steckenden Dämpfe ausübt, und sie nöthigt, durch die Kraterwand selbst einen Ausweg zu suchen. Inzwischen sind die heißen Schlünde durch diese Spalte entleert, die pressenden Dämpfe entweichen nach oben, und führen Asche, Bruchstücke des Kegels aller Art mit empor; kein Widerstand hält die noch unten im Krater befindliche Lava, ihrer Schwere gemäß zu fallen, sie sinkt wieder in die Tiefe hinab, der alte Schlund bildet sich aufs Neue, und die ganze Erscheinung wiederholt sich in ähnlicher Weise nach Verlauf eines Zeitraums, der ausreichte, neue hebende Dämpfe, neue Eruptionstoffe zu bilden. Dies ist in Kurzem die Theorie aller Eruptionen; verfolgen wir dieselbe noch ausführlicher an den Bodenerschütterungen, welche sie begleiten oder ihnen vorhergehen, aber auch selbstständig an vielen Orten, die keine thätigen Vulkane besitzen, auftreten.

## 6.

Erdbeben, ihre Ursachen und Wirkungen. — Stehen im Zusammenhange mit Vulkanen.

Unter allen Naturerscheinungen, die den Menschen mit Schrecken und Angst erfüllen, die Allgewalt der im Verborgenen wirkenden Naturkräfte offenbaren, und ihn in seiner Ohnmacht solchen Kräften gegenüber zeigen, sind die Erdbeben die großartigsten und ergreifendsten; denn sie vernichten in einem einzigen Moment vollreiche Städte mit ihren Bewohnern, senken Ebenen in die Tiefe, treiben Berge aus ihnen hervor, und ergießen aufgethürmte Wogen über das wehrlose Festland, Alles zerstörend, was der Mensch im Schweiß seines Angesichts seit Jahrhunderten mühsam auf ihm sich erworben und von Geschlecht zu Geschlecht fortgeerbt hat. Deshalb sind sie mit Recht die gefürchtetsten aller Schrecknisse, fürchtbarer als Feuers-