Ueber Vulkanismus.

Einiges aus dem Kursus über allgemeine Geologie, gehalten in den Sitzungen der geologischen Section,

von *M. Lucius.*

(Fortsetzung).

Die Vulkane sitzen auf Bruchlinien, welche dem Magma das Aufsteigen ermöglichen; nicht jede Bruchlinie trägt Vulkane, aber ein Vulkan kann nur an einer jungen Bruchzone vorkommen. Die Dislokation ist das Primäre, der Vulkan eine zufällige, sekundäre Erscheinung. Dies schien bis vor wenigen Jahren das gesicherte Ergebnis der Erforschung in punkto Vulkanologie zu sein. Gegen dieses Dogma haben nun Stübel und vor allem Branco den Kampf eröffnet und hüben und drüben wurde soviel verdächtigt und angezweifelt, dass die Ansichten über Wesen und Wirksamkeit der Feuerberge sich zur Zeit so im Fluss befinden, dass von einer „Umwertung aller vulkanischen Werte" gesprochen wird. Soviel steht als gesichertes Ergebnis schon fest, dass das Vorhandensein der Spalten für das Entstehen eines Vulkanes keine unerlässliche Forderung ist, und sollte aus dem Streite der Meinungen sich nur dies eine ergeben, so muss er für das Gedeihen der geologischen Wissenschaft als nützlich bezeichnet werden, denn nichts unterbindet mehr die freie Entfaltung einer Wissenschaft als so ein Satz, welcher, man weiss nicht wie, zum starren Dogma und zur beengenden Fessel wird. Wie das gekommen und wie der Bann gebrochen, darauf soll etwas näher eingegangen werden. Nichts wäre indes ungerechter, als zu glauben, die Zeit, in welcher sich das Dogma von der vulkanischen Spalte gebildet habe, sei eine verlorene für die Entwicklung der Geologie gewesen; im Gegenteil, es ward so der Vulkanismus auf e i n e grosse Ursache zurückgeführt, als ein Ergebnis der Kontraktion des Erdinnern, gegenüber andern Meinungen, die im Vulkanismus nur eine örtliche, zufällige Erscheinung erblickten.

Gleich im Anfangsstadium der modernen Geologie stehen sich zwei Richtungen gegenüber, an welche zwei Namen errinnern: Werner und Hutton, die auch mit dem Ausbau des Vulkanismus verknüpft sind. Werner, Lehrer an der Bergakademie von Freiberg, führte die vulkanischen Erscheinungen auf in Brand geratene Kohlenlager oder andere entzündliche Stoffe zurück; für ihn gab es ja gar keine andere

Gesteine als Sedimentgesteine: man nannte ja deshalb die Gruppe derjenigen, welche seine Ansichten vertraten, Neptunisten. Werners Gegner, der Schotte Hutton war Werner bedeutend überlegen und nur den Schmähschriften der Neptunisten ist es zuzuschreiben, dass Hutton, als exklusiver Plutonist da steht, der jede Bildung von Gestein auf wässerigem Wege geleugnet habe. Aus Huttons Schriften geht indes vielfach hervor, dass seine Ideen über Bildungen der Gesteine, sowohl auf feurigem als flüssigem Wege, sich recht modern ausnehmen. Trotz Hutton, Hall, Spalanzani, Dolomieu wurde die Schule Werners eine Zeitlang besonders auf dem Kontinente vorherrschend, dank dem mächtigen Einflusse, den Werner auf seine Schüler besass und zu denen einige der bedeutendsten Geister der damaligen Zeit gehörten. Es ist klar, dass die allzu exklusiven Ansichten Werners nicht von langem Bestand sein konnten, und wie Werner durch Verallgemeinerung der Erfahrungen, die er in einem engen Winkel Sachsens gesammelt hatte, zu diesen Theorien kam, so musste auch die Erweiterung der Erfahrungen seine Anschauungen zu Fall bringen. Dies geschah zum guten Teil durch seine zwei grössten Schüler: Leopold von Buch und Alexander von Humboldt.

Leopold von Buch besuchte das mit erloschenen, aber noch gut erhaltenen Vulkanen besetzte, französische Zentralplateau, die kanarischen Inseln und die italienischen Vulkane, Alexander von Humboldt unter andern die an Vulkanen so reichen Länder Mittelamerikas. Vom Meister an ein sehr gründliches Beobachten gewöhnt, musste den beiden Männern vor den Tatsachen das Unhaltbare seiner Lehren in die Augen springen. Die Bedeutung und die Allgemeinheit der vulkanischen Erscheinungen war offenbar, der Zusammenhang mit einer intratellurischen Ursache unabweisbar. Die reihenförmige Anordnung der Vulkane auf zerrütteten und schwachen Punkten der Erdoberfläche, die aktive Tätigkeit der Vulkane bei Aufstauen von Gebirgen sind die Hauptpunkte der Anschauungen der beiden Forscher. Von unten nach oben wirkt eine Stosskraft des Magmas und hebt die Schichten domförmig empor: diese Idee wurde von Elie de Beaumont zu einem System ausgebaut. Es bildete sich die Hebungstheorie heraus: der Vulkanismus bildete durch das Auftreiben des von unten nach oben dringenden Massengesteines ein Hauptagens bei der Gebirgsbildung. Während nun durch Hoff, Prévost und Lyell die neueren Anschauungen über Gebirgsbildung gegenüber Beaumont zur Geltung kamen, erwuchs den Buch-Hum-

boldt'schen Anschauungen, was speziell die Vulkane als Auftreibungskegel betrifft, ein erster Gegner in dem Engländer Poulett-Scrope. Zur selben Zeit als L. v. Buch seine „Physikalische Beschreibung der kanarischen Inseln" (1827) veröffentlichte, in welcher die Theorie der Erhebungskrater niedergelegt ist, erschienen die Werke Scrope's: Considerations on volcanoes (1825) und „geology and extinct volcanoes of Central France" (1827), welche noch heute vielfach nicht überholt sind und eine Grundlage unsers Wissens über vulkanische Erscheinungen bilden.

Nach Humbold ist der Vulkanismus eine Reaktion des glutflüssigen Erdinnern gegen die starre Oberfläche. Nach ihm halten sehr hoch gespannte Wasserdämpfe ganze Erdschollen in der Schwebe und die vulkanischen Oeffnungen, „die Sicherheitsventile der Erde", verschaffen diesen Dämpfen, wenn die Spannung zu gewaltig wird, einen Abzug. Beim ersten Entstehen eines Vulkanes treiben diese Dämpfe die Kruste domartig empor, zerreissen sie dann in einem strahlenförmig angeordneten Spaltensystem, und der Mittelpunkt, von dem diese Spalten nach allen Seiten auseinanderschwärmen, bildet den Krater. Aus diesem Abgrund werden die vulkanischen Produkte emporgeschleudert, und es bildet sich ein aus Schlacken aufgebauter kleiner Kegel: dies ist der Bau der sog. Erhebungskrater. Für Poulett-Scrope gestaltet sich der Vorgang jedoch folgendermaßen: Das Magma erfährt beim Uebergang aus dem festen Zustand in den flüssigen eine Volumenvermehrung und wird so befähigt, Spalten in die Gesteinsmassen zu reissen, durch welche es zur Oberfläche kommt. Dabei erleiden indess die Sedimentgesteine keine Auftreibung, sondern der Kegel besteht lediglich aus eruptivem Material, das entweder aus losen Massen oder aus Laven besteht; beide Formen können auch abwechselnd vorkommen. Weil also die starre Rinde hohe Spannungen erfährt, kommt es zu Zerrungen, welche das Schliessen der Spalten verhindern; auf diesem Wege tritt das Wasser mit dem feurigen Innern in Verbindung, und die Rolle des Wassers als treibende Kraft, hat Scrope betont, nachdem schon Spalanzani im 18. Jahrhundert eine gleiche Behauptung aufgestellt, während Lyell sogar den ganzen Mechanismus der Vulkane auf die Rolle des auf glutige Gesteinspartien stossenden Wassers zurückführt.

Trotz dieser entgegengezetzten Ansicht, dass der Vulkan nichts als ein Aufschütterungskegel ausgeworfenen Materials ist, welche Ansicht uns auch heute als so gemeinverständlich

erscheint, blieb die Lehre von den Erhebungskratern lange die herrschende. Zählte sie doch zu ihren Anhängern Männer wie Elie de Beaumont, Dufrenoy, St. Claire-Deville. Der Bau des Vesuvs mit der Somma, des Pik von Teneriffa hatte zu dieser Ansicht geführt, und doch verdient hervorgehoben zu werden, dass bereits 1836 Elie de Beaumont den Bau des Vesuv und der Somma richtig auffasste und auch später das Irrige seiner Ansichten einsah. Nachdem nun aber Hartung auf den Canaren, Junghuhn auf Java, Dana auf Hawaï und Prévost in Süditalien nachwiesen, dass die den Vulkanen unterlagernden Sedimentschichten nicht gestört sind, ein gleiches auch von Vogelsang für die Eifel und von Fouqué für Santorin nachgewiesen wurde, verschwand die Erhebungstheorie in den siebenziger Jahren vollständig. Auch Suess spricht sich für das völlig passive Verhalten des Magma aus. Indes ist es nicht dabei geblieben, und diese völlig passive Rolle des Vulkanismus in der Gestaltung der Erdkruste als Begleiterscheinung der Zertrümmerung derselben durch Brüche wird heute wieder angefochten, indem eine bedingte Rückkehr von den Anschauungen Scrope's zu den Humbold-Buch'schen geltend gemacht wird. Schon die Beobachtung an den amerikanischen Lakkolithen, die eine kuppenförmige Um- und Anlagerung der Sedimente an die kuchenförmigen Eruptivmassen zeigen, haben die unbedingte Passivität des emporbrechenden Magmas in Zweifel gezogen, doch sind wiederum die Ansichten über Bildung der Lakkolithen geteilt.*)

Die intensive Erforschung der Erdkruste zeigte bald die Abhängigkeit der Vulkane von Dislokationen oder Bruchzonen. Besonders an den niedergebrocheneu Rändern des pacifischen Ozeans fiel die Kette von Feuerbergen auf, und der Zusammenhang zwischen den grossartigen Brüchen und Schollenverschiebungen war unverkennbar. Weil nun die grossen Einbrüche vom Meere überflutet wurden, die stehen

*) Gilbert fand in den Henry-Mountains mächtige kuppenförmige Eruptivmassen, welche in die Sedimentschichten eingedrungen waren und dieselben domförmig aufgewölbt hatten, so dass dieselben bis zu 45° und noch höher aufgerichtet waren. — Tektonische Wirkungen der Lakkolithe konnten indess speziell in Mexiko nachgewiesen werden. So hat hier der Cerro Muleros am Rio Bravo del Norte die geschichtete Decke in einer nach aussen überkippten Falte abgestossen, während eine andere Intrusionsmasse der Las Parroquias im Staate Zacatecas die in einen aus Kreideablagerungen bestehenden Sattel sich einzwängte, den Sattel zerriss und den einen Flügel um 800 m nach Süden verschob.

gebliebenen Schollen jedoch die Kontinente darstellten, fand das Auftreten der Vulkane an den Meeresrändern so eine ungezwungene Erklärung. Dort aber, wo erloschene Vulkane weit landeinwärts lagen, konnte wohl zur Zeit ihrer Tätigkeit ein Meer bestanden haben. Ja für diejenigen, welche auf eine etwas zu grobe Vorstellung annahmen, das Meerwasser stürze durch die offenen Spalten bis zum Magma hinunter, um dann die Explosion zu bewirken, wobei die im Meerwasser gelösten Stoffe die chlor-fluor- und schwefelhaltigen Exhalationen und Sublimationsprodukte der Vulkane abgäben, war die Nähe des Meeres unerlässlich, obwohl der Zusammenhang zwischen Meer und Vulkan doch ein ganz zufälliger ist und wir heute im Innern Asiens und Afrikas Vulkane kennen, die mehr als tausend Kilometer vom Meere abliegen.

Das Aufsitzen der Vulkane auf Brüchen und Dislokationen wurde nach und nach dahin verallgemeinert, dass man die Spalte als das Präexistierende auffasste und eine Spalte als eine Grundbedingung für das Zustandekommen eines Vulkans ansah. Während also Scrope oder auch Humboldt lehrten, dass das Magma im Stande sei, sich selbstständig einen Weg zu schaffen, sprach Prévost, der Gründer der französischen geologischen Gesellschaft und erster Professor der Geologie an der Sorbonne, den Satz aus, dass nicht das Magma oder die Gase sich einen Weg schaffen, sondern dass ein Ausbruchskanal a priori vorhanden sein muss. Das Magma treibt nicht, sondern es wird getrieben, wie in einem völlig offenen Schlot wird es hinaufgewirbelt. Für jeden Vulkan nahm man also eine Spalte an, welche vor der Entstehung desselben existierte; der Vulkan war eine blosse Begleiterscheinung der Brüche; wo die Spalte nicht nachweisbar war, wurde sie präsumiert, sie musste ja bestehen, das Vorhandensein des Vulkans bewies die Präexistenz einer Spalte.

Solch kategorische Behauptungen sind die unvermeidlichen Begleiterscheinungen einer jeden jungen Wissenschaft. Da scheinen die Tatsachen sich so fein nach gewissen Schemen kasieren zu lassen, die Scheidung zwischen den einzelnen Kapiteln vollzieht sich so reinlich und alles geht so fein ohne Rest auf. Aber die Tatsachen mehren sich, nach allen Seiten greift eine in die andere über, so manche fügt sich nicht in die geschaffenen Abteilungen, das Getriebe das so klar und gesetzmässig zu arbeiten schien, verwirrt sich und die festesten Grundlagen scheinen aus den Fugen zu gehen. Aber

es ist dies ein ermunternder Beweis, dass es in solcher Wissenschaft voran geht, und ohne Bedauern soll die alte Form gebrochen werden, welche nur zu leicht zur behindernden Fessel wird. Es scheint für den ferner Stehenden ein Kampf im eigenen Lager zu sein, die Gegner triumphieren dann, weil man die eigenen Waffen wider sich selbst zu kehren scheint, aber im Kampfe wächst die Kraft, und jeder Kampf bedeutet einen Schritt vorwärts. So geht es auch im Kampfe gegen das wissenschaftliche Dogma der präexistierenden vulkanischen Spalte: hüben und drüben wird wohl übers Ziel geschossen, aber die Tatsachen werden nach allen Seiten einer neuen Prüfung unterzogen, und wir können sicher sein, dass die Vulkanologie um ein gut Stück voran kommen wird.

Den ersten Anlauf gegen den Satz Prévost's unternahm 1886 Ferdinand Löwl in seiner Abhandlung: „Spalten und Vulkane", im Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt in Wien. Er stützt sich meistens auf theoretische Erwägungen, während Geikie, Stübel und Branco auf Grund geologischer Untersuchungen der Vulkane gegen den Satz Front machen. Löwl führte aus, dass das Magma sich nicht passiv verhalte, wie man bisher annahm, sondern dass es im Stande sei die Erdkruste zu durchbrechen und sich so einen Weg nach Aussen zu schaffen. Dabei benutzt es natürlich die Stellen geringsten Widerstandes, weshalb wir Vulkane meistens in Zerrüttungszonen, als schwachen Stellen der Lithosphäre, antreffen. Eine etwa vorhandene Spalte wird also benutzt, doch ist deren Vorhandensein nicht die conditio sine qua non für das Entstehen der Vulkane, denn es kann auch Vulkane geben, welche nicht an Bruchlinien gebunden sind, und es gibt in der Tat solche, welche nicht auf Brüchen aufsitzen. Dann musste auch die Rolle, welche die Spalte bei den Eruptionen spielen sollte, zur Kritik Anlass geben. Diese Spalte sollte vor allem dem Wasser ermöglichen mit dem Magma in Berührung zu kommen, um sich dann beim Treffen mit den glühenden Massen in Dampf zu verwandeln, welcher Dampf vermöge seiner Expansionskraft den treibenden Faktor bei der Eruption abgiebt.

Unter dem ungeheuern, viele Tausende von Atmosphären messenden Drucke, den die starre Kruste auf das Magma ausübt, muss dieses sich wie ein starrer Körper verhalten; durch die aufgerissene Spalte aber wird das Magma lokal entlastet, es gerät aus dem starren Zustande in einen flüssigen und wird so ausbruchsfähig. Endlich aber bildet die offene

Spalte einen Kanal, durch welchen die Magmamassen zum Durchbruch gelangen und nach aussen gefördert werden.

Ob das in Klüften wie in den feinsten Haarspalten zirkulierende Wasser bis zu den Tiefen gelangen kann, in denen die glühenden Massen sich befinden, ist zweifelhaft. Selbst bei der Anwendung der geringsten geothermischen Tiefenstufe, die wir kennen, (Bohrloch von Neuffen, ca. 11 m) müsste der vulkanische Herd mindestens 15—20 km tief liegen und nach Heim dringt Wasser nicht tiefer als 5 km ins Innere. Dann besteht nach neuerer Ansicht, die nicht von der Hand zu weisen ist, die Erde nicht aus einem glühenden Kern und einer scharf abgesonderten starren Schale, sondern es besteht ein allmähliger Uebergang, der durch eine Zone von latentplastischem Material gebildet wird. Diese latente Plastizität verhindert also, dass Spalten bis zum Magma oder bis zum Vulkanherde hinabreichen, indem sie ja gleich wieder geschlossen werden und es auch so unmöglich sei, dass das Magma örtlich entlastet werde. Aber auch nach oben könnten die Spalten nicht lange offen bleiben, weil sie ja durch den ungeheuern Seitendruck wieder verschlossen werden. Indess bestehen an der Erdkruste nicht nur Pressungen, sondern auch Zerrungen, welche im Gegenteil dahin wirken, die Bruchspalten lebendig zu erhalten. Aber die Ansichten von einer latent-plastischen Zone und von Spalten, die bis zu den eruptivfähigen Massen dringen, sollen schlechthin unvereinbar sein.

(Fortsetzung folgt.)

Ornithologisches

aus dem Jahre 1908.

(Als Fortsetzung der Mitteilungen auf S. 370, Jahrgg. 1907).

Im Februar, bei strenger Kälte, näherten sich «*Saatkrähen*» den menschlichen Wohnungen, um in Küchenabfallhaufen Nahrung zu suchen. (4. Februar, Garten Peterstrasse). Am 13. Februar, Wetter heiter, sonnig, doch kalt, erster *Buchfinkenschlag* im Stadtpark.