Ueber Vulkanismus.

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

von *M. Lucius.*

(Fortsetzung).

Diesen, auf theoretischen Erwägungen begründeten Bedenken, entsprachen die bei eingehenden Untersuchungen der alten Vulkane Schottlands und Englands gemachten Erfahrungen des Schotten Archibald Geikie. Im Karbon Schottlands findet man runde bis elliptische von Tuff ausgefüllte Bildungen, welche die Erdschichten röhrenartig durchsetzen und welche eine sehr grosse Verbreitung haben. Diese Tuffröhren, die man in den verschiedensten Stadien der Erhaltung in der schwäbischen Alb, in der Eifel, in der Auvergne, in der Umgebung von Rom findet, stellen die primitivste Kraterform dar. Von Dechen nennt diese, in der Regel in nicht vulkanisches Gestein eingelassenen Trichter, Explositionskrater und man nimmt an, dass sie durch eine einmalige Explosion wie ein Pfropf ausgeblasen wurden, so dass eine trichterförmige Vertiefung entstand, welche mit Bruchstücken des anstehenden Gesteins und mit vulkanischen Produkten im bunten Gemisch angefüllt sind. Gut erhaltene Typen sind noch mit einem Wallkranze von Auswürflingen umgeben, der Trichter ist oft mit Wasser angefüllt; das Ganze wird in der Eifel als Maar bezeichnet. Im allgemeinen bezeichnet man diese primitiven Vulkanformen als den „Puytypus." Geikie stellte nun fest, dass diese von ihm als „Necks" bezeichneten Gebilde unabhängig von Dislokationen auftreten. Auch bei andern alten Vulkanen Grossbritanniens ist der Zusammenhang zwischen Vulkan und Spalte nicht immer nachweisbar, viel weniger noch lässt sich die Behauptung beweisen dass die Dislokationen das Primäre seien.

Dann aber auch dort, wo infolge des bergmännischen Betriebs in den englischen Kohlendistrikten viele Brüche vermerkt sind, welche nicht zu Tage treten, zeigt es sich oft, dass die Vulkane unabhängig von diesen Brüchen dastehen. Aus diesen Tatsachen schliesst Geikie, dass bei einer grossen Anzahl von Vulkanen aus allen geologischen Perioden der Zusammenhang mit einer Spalte nicht nachweisbar sei. Ausgeschlossen sei indess nicht, dass solche Spalten im Untergrund bestehen, welche der Lava bis zu einer grössern oder geringern Entfernung von der Erdoberfläche das Aufsteigen

erleichterten. Aber das sei sicher, dass die vulkanischen Massen die Kraft besitzen, sich selbst eine Ausgangsöffnung zu verschaffen, wo im obern Teile die sichtbare Spalte fehlt. — Wenn also auch der Bruch nicht bis zur Oberfläche reicht, ist dies kein strenger Beweis, dass er ganz fehlt, ebensowenig man auch behaupten dürfe, dass er stets in der Tiefe vorhanden ist, wo an der Oberfläche derselbe nicht zu Tage tritt. Dass aber das Magma eine treibende Kraft besitzt, können wir bei jeder grösseren Eruption wahrnehmen. Ein Pfropfen erstarrten Magmagesteins bleibt stets im Vulkanschlot sitzen und jede neue Tätigkeitsphase des Vulkans beginnt damit, diesen Pfropfen auszusprengen und einen trichterförmigen Schlund, den neuen Ausbruchkanal, zu schaffen. Zuerst beginnt also die Eruption mit der Schaffung einer trichterförmigen Vertiefung, einer maarähnlichen Bildung, bis nach und nach von den in den Schlot zurückfallenden Eruptionsmassen ein ebener Boden geschaffen und später im Krater selbst ein Eruptionskegel aufgeschüttet wird.

Weiter fand Geikie auch, dass bei den alten Vulkanen, auch wenn ihr Zusammenhang mit Spalten nicht nachweisbar war, das Ende ihrer Eruptionsachse doch stets an Stellen geringeren Widerstandes lag, in Niederungen, Tälern, wo die zu durchschlagenden Gesteinsmassen weniger mächtig sind, als auf Bergen. Allgemein gültig ist dieser Satz wiederum nicht, indem z. B. in der Eifel die Maare mehrfach auf Bergen sich erheben, während kaum einige hundert Meter entfernter sich ein tiefer Taleinschnitt befand, für deren Existenz zur Zeit des Ausbruches sich der unumstössliche Beweis erbringen lässt; erinnert sei nur an die Pappenkaul bei Gerolstein, an den Mosenberg bei Manderscheid, an die Vulkane bei Bertrich.

Die Resultate der Geikie'schen Untersuchung lassen sich also in folgende Sätze zusammenfassen:

1° Für eine grosse Zahl Vulkane ist der Zusammenhang mit einer Spalte nicht nachweisbar, obgleich die Möglichkeit in der Tiefe zugegeben werden muss.

2° Das Magma muss sich also beim Ausbruch nicht rein passiv verhalten, sondern eine gewisse Durchschlagskraft besitzen.

3° Viele Vulkane zeigen eine Neigung, dort auszubrechen, wo die Schichten eine geringere Mächtigkeit besitzen.

Die Untersuchungen Brancos beziehen sich auf Gebilde welche den schottischen „Necks" ähnlich sind und welche

Branco als Embryonalvulkane bezeichnet hat. Sie liegen in der Umgebung von Urach am nördlichen Steilabhang der schwäbischen Alb. Bis 130 Stück in den verschiedensten Stadien der Erhaltung und von den verschiedensten Dimensionen hat Branco aufgefunden. Die schwäbische oder rauhe Alb bildet ein hochliegendes Plateau von hartem Kalkstein der obern Juraformationen. In folge der eigentümlichen Absonderungsformen des Kalksteines wird das Plateau nicht in horizontale Schichten abgetragen, sondern indem senkrechte Schnitte durch die Erosion zerstört werden, bilden sich Steilabhänge wie bei unserm luxemburger Sandstein, so dass z. B. der Nordabhang der Platte beständig nach Süden zurückweicht. In diesen senkrecht aufgeschlossenen Wänden kann man nun die Schlote der Embryonalvulkane bis zu einer Tiefe von 500—800 m beobachten. Die Ausfüllungen der Schlote bilden eine Gemenge von vulkanischem Tuff und eckigen Bruchstücken des durchbrochenen Nebengesteines, welches Gemisch hin und wieder von Basaltgängen durchsetzt wird. Verwerfungen und Spalten lassen sich nun auf der Oberfläche nicht nachweisen und auch die genauen geologisch-kartographischen Arbeiten von Fraas zeigten nirgends Spalten, die irgendwie mit den Embryonalvulkanen in Verbindung gebracht werden können. Als Resultat seiner Forschung über die schwäbischen Vulkane erkannte Branco, dass die so zahlreichen, freilich nur embryonal gebliebenen Vulkangebilde in der Umgebung von Urach in der schwäbischen Alb sich unabhängig von Spaltenbildungen vollzogen hätten. [1])

Bücking der die geologischen Aufnahmen der Röhn besorgte, fand ebenfalls, dass viele der mit Basalt oder anderm eruptivem Material ausgefüllten Röhren nicht im Zusammhang mit Spalten ständen, und auch bei den Maarbildungen der Eifel ist eine bis an die Oberfläche führende Spalten nicht nachweisbar, trotzdem die Anordnung der Eifeler Maare auf

[1]) Für das bekannteste dieser Gebilde, das „Nördlinger Ries“ stellt sich die Entstehung folgendermassen dar: Das „Nördlinger Ries“ ist eine Einsenkung auf der Höhe der Alb deren Boden mit Granitbrocken, tertiären Laven und Tuffen und zertrümmerten Keuper- und Juraablagerungen bedeckt ist. Während v. Gümbel diese Versenkung als ein Maar ansah, haben Branco und Fraas den Beweis erbracht, dass das Ries durch einen Lakkolithen wie ein Propfen über die Albebene emporgehoben wurde. Ein Teil der jetzt hochragenden Schichten wurde abgetragen oder verrutschte auf tonigen Schichten nach den Seiten ab, wo sie noch heute als Decke über den Schichten am Rande des Rieses aufgefunden werden. Später versank der Propfen wieder, zwar nicht um seinen vollen Betrag, und schuf so den Rieskessel.

Die aktive Rolle des Magma ist also in diesen Fällen dargetan.

zwei sich unweit Gerolstein kreuzende Linien zurückführen lassen. Selbst die Diatreme der Karoo von Süd-Afrika, die diamantenführenden Tuffschlote, wurden von Branco herangezogen. Wie nun das Magma sich die Wege aussprengen kann, hat in den neunziger Jahren Daubrée experimentell dargetan, und diese Experimente sieht Branco als eine neue Stütze seiner Theorie an. Daubrée's Versuche bestehen darin, dass er Gase die unter hohem Druck standen, durch Risse und enge Spalten von festen Körpern als Kalkstein, Granit, Glas, Stahl ausströmen lässt. Die Gase gestalten ihren engen Weg zu einem zylindrischen Kanal um, als ob eine Flintenkugel durch das Material geschlagen habe. So können die eine korrodierende Wirkung ausübenden Gase sich nach und nach einen Schlot bilden und zuletzt den letzten Teil, den Pfropf, mit der Gewalt einer scharf geladenen Mine ausblasen. „Explodierende Gase besitzen also die Kraft, sich selbständig zu befreien und ohne Zuhilfenahme von Spalten weite Kanäle durch die Erde zu bohren" (Branco). Als ein Beweis, dass die Vulkane Spalten aufsitzen, führte man besonders die reihenförmige Anordnung der Vulkane an, welche die Ränder des pazifischen Ozeans umkränzen. Auch dieser Ansicht erwuchs ein Gegner in der Person eines Mannes, der viele Jahre seines Lebens die Vulkane von Equador an Ort und Stelle studiert hatte: Stübel. Er führt aus, dass die reihenförmige Anordnung der Vulkane sich nur schön auf Karten in kleinem Massstabe ausnehme, dass in der Wirklichkeit aber dieser Kranz durch grosse Lücken unterbrochen sei, welche sich bis auf mehrere Breitegrade erstreckten. Und doch behandele man die Sachen, als ob ein gewaltiger Bruch den Verlauf der Kordillere begleite, dem alle die Vulkane aufsitzen, was natürlich nicht mit den Tatsachen in Einklang zu bringen sei; höchstens liesse sich von einzelnen Vulkangruppen reden.

Hierzu meint Branco: „Meine Ansicht von der Unabhängigkeit vulkanischer Eruptionen von vorausgegangener Spaltenbildung ist gefolgert aus den Maaren und maarähnlichen Bildungen in Schwaben, in der Rhön, Eifel, Schottland und vielleicht auch in Süd-Afrika, und meine diesbezüglichen Behauptungen galten nur diesen meist embryonalen Erscheinungen, den Dingen die Geikie als zum Puytypus gehörig bezeichnet hat, nicht den aufgeschütteten Vulkanbergen, den Gebilden vom Vesuvtypus. Nun aber kommt Stübel und sagt uns, dass auch nicht nur grosse und mächtige Vulkanberge, nein, gerade die höchsten und gewaltigsten der Erde sich unabhängig von Spalten gebildet haben." Wo aber das Zusammentreffen von Spalte und Vulkan nachweisbar ist, da

frägt Branco, ob die Spalte nicht vielleicht nachträglich, zufällig mit dem Vulkan zusammentreffe und ob es sich beweisen lasse, was das Primäre sei, der Vulkan oder die Spalte.

Wenn das Pendel zu weit nach rechts ausschwingt, muss es mit notwendiger Folge auch zu weit nach links schwingen. Die Verteidiger der Spaltentheorie hatten die unbedingte Abhängigkeit der Vulkane von der Spalte zum Dogma erhoben, die Gegner verfallen in das entgegengesetzte Extrem; es konnte deshalb nicht ausbleiben, dass die Ausblasungstheorie, welche jede Abhängigkeit der Vulkane von Spalten leugnet, Widerspruch fand. Es wurde vor allem darauf hingewiesen wie recht schwer es sei, den einwandfreien Beweis zu erbringen, ob Vulkane auf Spalten stehen oder nicht, besonders wenn diese Berge und ihre mächtige Auswurfsmassen Quadratmeilen bedecken, wie dies bei den riesigen Vulkanen Mittelamerikas der Fall ist. Von den mit Vulkanen bestandenen Länderstrichen fehlen zumeist die genauen geologischen Aufnahmen, und bei genauen Untersuchungen des Bodens, wie solche Aufnahmen es fordern, ist es zum öftesten erst möglich sich über das Fehlen oder Vorhandensein von Spalten auszusprechen. Wenn nun eine Vulkanreihe ein Gebirge begleitet, dessen Rand den Verlauf einer gewaltigen Bruchlinie kennzeichnet, so ist es doch nicht allzugewagt zu behaupten, dass die Vulkane im Zusammenhang mit dieser Linie stehen, selbst wenn dieser Zusammenhang nicht immer genau nachweisbar ist. So sind z. B. die Vulkane Mexiko's so angeordnet, dass die einen eine gewaltige Hauptdislokationszone begleiten, während andere den Verlauf von Transversalspalten bezeichnen. An den Stellen nun, wo Haupt- und Transversalspalten sich kreuzen, wo also die beweglichsten Stellen der Bruchzone sind, liegen die gewaltigsten Feuerberge dieses Landes. Wenn nun auch einige andere sich isoliert erheben und sich auf keine Weise in eine Reihe anordnen lassen, so ist man gewiss nicht berechtigt zu schliessen, die mexikanischen Vulkane seien ein Beweis für die Unabhängigkeit der Vulkane von Spalten. Denn, selbst wenn wir die Tatsache, dass ein Nachweis über Vorhandensein oder Fehlen der Spalten bei verschiedenen Vulkanen nicht zu führen ist, zu Gunsten der Aufblasungstheorie deuten wollen, steht dem gegenüber, dass die meisten an einer Hauptspalte oder an Transversalspalten liegen und die mächtigsten an sich kreuzenden Spalten als schwächste Punkte der Erdkruste.

Des weitern treten die meisten Spalten nicht zu Tage und werden dann nur zufällig bei Tunnelbau oder durch

bergmännischen Betrieb bekannt. Bei Anlage des Tunnels von Fuveau bei Marseille konnte z. B. eine Verwerfung von 1200 m beobachtet werden, die nicht an der Erdoberfläche zu beachten war und ein jeder, der Grubenprofile durchgesehen hat, weiss wie häufig Brüche und Verwerfungen im Innern der Erde auftreten, die nicht bis zur Oberfläche reichen. Dann ist auch das Wort „Spalte" nur zu sehr geeignet zu einer Begriffsverwirrung zu führen. Dass unter Spalte etwa ein linearer, klaffender Riss zu verstehen sei, der bis zu den Tiefen reicht, wo das Magma eingeschlossen ist, hiesse doch die Sachen etwas zu grob auffassen. Spalte ist hier äquivalent mit Bruchlinie, Störungszone, Linie geringeren Widerstandes und statt des Satzes: Vulkane liegen auf Spalten, hiesse es richtiger: sie sitzen Zerrüttungs- oder Zerrungszonen als Zonen geringeren Widerstandes auf. Dass an Stellen, wo Meeresniederungen rasch zu grosser Tiefe sinken in den hochgelegenen Kontinentalrändern Zerrungen hervorgerufen werden, kann wohl kaum in Abrede gestellt werden. Diese Zerrungen begünstigen nun gewiss das Offenbleiben der Brüche und verhindern, dass die einzelnen Teile, in welche beim Niederbrechen der ozeanischen Wannen die hochgelegenen Ränder, welche diese Wannen begrenzen, zerlegt wurden, durch etwaigen Seitendruck wieder zu einem Ganzen verschweisst werden. Dass solche Zonen also schwache Partien der Erdrinde darstellen, welche dem Magma relativ leichten Ausgang zur Oberfläche gewähren, ist einleuchtend.

Gegen die Möglichkeit des Aufsteigens des Magmas durch Spalten, wegen der Mächtigkeit der Erdkruste und der Plastizität in den tiefern Teilen der festen Kruste, macht Dölter folgende treffende Bemerkungen: „Was die Dicke betrifft, darüber wissen wir sehr wenig. Eine Dicke von 500—1000 km. anzunehmen, dagegen spricht der maximale Schmelzpunkt. Es ist allerdings wahrscheinlich, dass unter hohen Drucken Körper plastisch werden, was mit Spaltenbildung, die offen blieben, unvereinbar ist. Wir kennen aber die Druckgrenze, die nötig ist, um die Plastizität zu erreichen, nicht. Sie muss aber bei sehr hohen Drucken liegen. Es ist daher nicht unmöglich, dass Spalten tief ins Erdinnere reichen und da dort (d. h. an den Spalten) der Druck sich vermindert, müsste an jenen Stellen die Plastizität auch aufhören, abgesehen davon, dass dort ein Aufsteigen durch korrodierende Wirkung dann möglich ist. In tieferen Schichten spielt jedenfalls die Korrosion eine Rolle und wir brauchen deshalb nur teilweise Druckentlastung, keine bis in jene Tiefen reichenden Spalten." (Fortsetzung folgt.)

Luxemburg. — Buchdruckerei P. Worré-Mertens.