Ueber Vulkanismus.

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

von *M. Lucius.*

(Fortsetzung).

Aber auch die Tatsache dass die Hauptbruchlinie oft vulkanfrei ist und die Vulkane der Hauptbruchlinie vorgeschoben sind, wie dies z. B. für die alten böhmischen Vulkane gilt und welches Faktum als Beweis für die Ausblasungstheorie angeführt wird, lässt eine Deutung zu Gunsten der Spaltentheorie zu. Die in einer Zone der Erdrinde herrschenden Spannungen werden nicht durch eine einzige Bruchlinie gehoben, sondern die Hauptbruchlinie wird durch eine grosse Zahl parallel mit ihr verlaufenden Nebenbrüche begleitet. Löste sich nun an der Leitlinie eine Verwerfung aus, so wurden durch die an einander gepressten Ränder die Spalte wieder geschlossen, während die Zerrung, die jetzt wieder in den benachbarten Teilen herrschte, die Nebenbrüche offen erhielt und sogar erweiterte, so dass die vulkanische Eruption dem Hauptbruch vorgeschoben erscheint, weil an den Nebenbrüchen, die keineswegs bis zur Oberfläche zu reichen brauchen, das Magma am wenigsten Widerstand zum Austritt fand. Dass solche Brüche lange offen bleiben können, und sich sogar erweitern, dafür liefern die Erzgänge Beweise.

Einen der wichtigsten Beweise für das vorherrschende Gebundensein der Vulkane an tektonische Störungen der Erdrinde liefert aber die Anordnung der Vulkane auf der Erde. Die Ränder der Festländer, insbesonders jener vom pazifischen Typus, sind vor allem Gebiete der Zerrung und Zerrüttung. Dieses Zerrüttungsgebiet beschränkt sich nun auf eine schmale Zone, welche Zone man gewöhnlich als Linie bezeichnet; die Vulkane zeigen nun aber auch vor allem eine lineare oder besser zonale Anordnung und treten weiter vor allem an Meeren vom pazifischen Typus auf. Die Ränder des pazifischen Ozeans sind mit einem gewaltigen Kreis von Vulkanen umgeben; desgleichen die pazifischen Typus zeigenden Mittelmeere der Geologie, während die Meere nach atlantischem Typus keine Vulkane aufweisen. Die zonale Anordnung aber ersieht sich klar aus der allgemeinen Verteilung der Vulkane. Es lässt sich ohne Zwang aufstellen: eine west- und ostpazifische Zone, eine atlantische Zone (die in der Achse des atlantischen Ozeans liegende Vulkanreihe von Jan Mayen über Island, die Azoren bis zu Tristan

d'Acunha), die Mittelmeerzone (Mittelmeergebiet im geologischen Sinn) u. s. w. Wenn diese Zonen auch öfter durchbrochen werden, so lassen sich doch die Vulkane wieder in einzelne zusammengehörige Vulkanreihen anordnen. Fast alle Zonen erstrecken sich in langen graden oder flachgebogenen Linien; oft laufen zwei oder mehrere Parallellinien neben einander oder ein Hauptstamm teilt sich in Aeste, die Vulkanreihen kreuzen sich, oder sie strahlen radial von einem Punkte aus wie z. B. auf den liparischen Inseln; dann wird die Hauptzone durch Nebenzonen geschnitten wie dies z. B. in der Eifel der Fall ist. Die Tatsache der Anordnung in Zonen oder Linien steht also fest und ihr überall auftretender Charakter kann nicht geleugnet werden. Der tiefere Zusammenhang mit den geotektonischen Störungen ist also bei der grössern Mehrheit und bei den bedeutendsten Vulkanen nicht in Abrede zu stellen. Thoroddsen, dem die Geologie eine genaue Kenntnis der isländischen Vulkane verdankt, zeigt die Abhängigkeit der isländischen Vulkane von Spalten; die oft viele hundert km langen Eruptionsspalten fallen mit Brüchen zusammen. Besonders schön aber zeigen die alten erloschenen Vulkane das Gebundensein an Spalten; weil hier durch die Erosion der Vulkan schon weit abgetragen ist, liegen die Verhältnisse vielfach klarer als für die tätigen Vulkane. „Die Richtungen der Ausbrüche sind Leitlinien für die Tektonik der ganzen Gegend und bleiben es auch da, wo Eruptionen und eruptives Material nicht mehr auftreten, so dass es klar ist, dass das Spaltennetz das Ursprüngliche, die Eruption das Zufällige ist".

Alles dies sind schwerwiegende Gründe, welche gegen eine Verallgemeinerung der Ausblasungstheorie im Sinne Branco's sprechen. Es bleibt jedoch das grosse Verdienst dieses Gelehrten darauf hingewiesen zu haben, dass Vulkane unabhängig von Spalten auftreten können. Ob jedoch nicht etwa tiefer gelegene Spalten diesen Vulkanen als Ansatzstelle gedient haben, das können wir weder bejahen noch verneinen, denn über das was einige Kilometer unter unsern Füssen liegt, wissen wir herzlich wenig, trotzdem es schwer verständlich ist, wie Gase eine viele km dicke Gesteinsschicht durchschlagen können. Dadurch nun, dass Branco den Beweis erbracht hat, dass es Vulkane giebt, die nicht an Spalten liegen, genügt es heute nicht mehr das Vorhandensein einer Spalte einfach zu präsumieren, sondern zu beweisen. Auch die Frage, was das Aeltere sei, der Vulkan oder die Spalte, ist nicht von vornherein entschieden, und die Neigung der Laven bei jedem Ausbruch an Spalten im Kraterrande her-

vortreten, sowie die Tatsache dass bei grossen Eruptionen oft Spalten aufreissen, entscheidet die Frage nicht.

Also: das Magma vermag wenigstens einen Teil der obern Erdkruste selbständig zu durchbrechen und es muss zugegeben werden, dass die Vulkane auch unabhängig von Spalten auftreten können. Die Frage jedoch, ob diese Vulkane eine nicht bis zur Oberfläche reichende Spalte als Ansatzstelle haben, bleibt offen. Jede Verallgemeinerung dieser Ideen muss indes als unzulässig bezeichnet werden, zumal das Gebundensein vieler Vulkane an Spalten sich einwandfrei beweisen lässt. Dann glückte die Ausblasungstheorie bis dahin nur an Vulkanen untergeordneter Bedeutung vom sogenannten Puytypus, und es geht kaum an, den Puytypus als Norm hinzustellen, sondern es scheint diese Form nur die Ausnahme zu sein; für die grösern Vulkane vom Vesuvtypus ist indes der Zusammenhang mit Spalten vielfach erwiesen, oder der Beweis für das Gegenteil konnte doch nicht erbracht werden.

Welches ist nun die Ursache des Aufsteigens der Lava mit all den Nebenerscheinungen die eine Eruption begleiten? Auch diese Frage erfährt eine verschiedene Beantwortung.

Es ist bereits zu verschiedenen Malen darauf hingewiesen worden, dass die Gebiete der Erde, welche von gewaltigen Dislokationen durchsetzt sind, die vulkanischen Erscheinungen im grossartigsten Massstabe zeigen. Die Vulkane treten aber in diesen Zonen geringsten Widerstandes nicht auf dem abgesunkenen, sondern auf dem hohen Rande des Bruches auf, also in dem Teile, in welchem durch Dehnen und Auseinanderzerren die dem Emporsteigen der Laven günstigste Beschaffenheit der Klüfte bewirkt wird. In dem emporragenden und auseinander gezerrten Schenkel der Bruch- und Faltenzone erleidet also das Magma eine Entlastung, durch den niedergehenden Teil erfährt es jedoch einen starken Druck. Das Emporsteigen der Lava kann also einfach nach den Gesetzen des hydrostatischen Druckes erfolgen, zumal der niedergehende Teil der Bruchzone, weil aus festem Gestein bestehend, ein höheres spezifisches Gewicht hat als das glutflüssige Magma und dieses letztere gleichsam zum Ueberlaufen gebracht wird. Diese rein tektonische Theorie genügt aber nicht um doch die übermächtige Gewalt, mit der sich meistens der Vulkanismus äussert, zu erklären, und E. Suess und A. de Lapparent, welche zu dieser mechanischen Erklärungsweise hinneigen, sprechen auch den Gasen, wovon das Magma durchsetzt ist, eine Rolle beim Ausbruche zu. Während sie indes den Schwerpunkt der Eruptionsfähigkeit des Magma

in die infolge der Kontraktion in der Rinde vor sich gehenden tektonischen Erscheinungen verlegen und dem Magma selbst jede aktive Rolle beim Durchbrechen des Gesteins absprechen, sieht eine andere Richtung in diesen schwachen Stellen der Erdrinde, denen die Vulkane aufsitzen, eben nur die günstigsten Wege, durch die die Lava infolge einer ihr innewohnenden aktiven Kraft selbsttätig zu Tage tritt, ja notwendigerweise sich selbst befreiend, wie Branco für die Vulkane vom Puytypus nachgewiesen hat. Die Arbeiten Geikies und Brancos, die Beobachtungen solcher gewaltiger Explosionen wie sie z. B. beim Krakatau, solcher hochgespannten Gase wie bei der Eruption von Martinique, zeigen, dass der Vulkanismus nicht lediglich auf tektonische Ursachen zurückgeführt werden konnte, sondern dass dem Magma selbst eine gewisse Explosionsfähigkeit zukommt, so dass in zahlreichen Fällen die vulkanischen Erscheinungen in erster Linie dem physikalischen Verhalten des Magma selbst zuzuschreiben sind.

Besonders die petrographischen Untersuchungen der Eruptivgesteine haben diese Erklärungsweise sehr gefördert, und es steht zu hoffen, dass die petrographischen Beobachtungen bezüglich des Vulkanismus uns der Lösung bedeutend näher rücken werden. Stübel hat diese Ansicht in dem wohl zu absolut gefassten Satz niedergelegt: „Die glutflüssige Materie ist demnach selbst die Trägerin der vulkanischen Kraft". Das Fundament der Ansichten, welche in neuester Zeit in dem physikalischen Verhalten des Magma die Ursache der vulkanischen Tätigkeit sehen, ist der Erkaltungsvorgang der Erde, welcher als notwendige Folge „die zeitweilige Ausstossung glutflüssigen Magmas aus der Erde nach ihrer Oberfläche hat". Stübel spricht sich folgendermassen aus: „Als Ursache aller vulkanischen Tätigkeit ist, der Kant-Laplace'schen Hypothese streng Rechnung tragend, der Erkaltungsprozess zu betrachten, welchen die glutflüssige Materie des Erdkörpers durchlaufen hat und noch durchläuft, um endlich in einen starren Zustand überzugehen. Mit der Erstarrung der Materie erlischt die vulkanische Kraft."

Welche physikalische Eigenschaften des Magmas die Explosionsfähigkeit bedingen, darüber gehen die Ansichten auseinander. Stübel nimmt an, dass es eine Folge der Volumveränderungen des Magma in bestimmten Stadien der Abkühlung sei; die Ansicht, welche heute am meisten Anklang hat, geht dahin, dass die Magmaschmelze einen hohen Gehalt an Gasen besitzt, welche beim Auskristallisieren der einzelnen Mineralien frei werden und dann durch ihre hohe Spannkraft

die Explosionen herbeiführen. Als eine Art Vorläuferin dieser Ansicht ist noch die zu erwähnen, welche im Zusammentreffen von oberirdischen Sickerwasser resp. Meerwasser mit dem Magma und in der dadurch hervorgerufene Dampfentwickelung die treibende Kraft des Vulkanismus suchte.

Auf eine jede dieser Theorien soll etwas näher eingegangen werden. Stübels Theorie beruht auf der Annahme, dass der magmatische Schmelzfluss im Verlaufe des Erkaltungsprozesses eine Volumenvergrösserung, eine Ausdehnung, erfahre. Grade diese Phase der Volumenzunahme in bestimmten Stadien der Abkühlung soll mit einer so gewaltigen Kraftäusserung verbunden sein, dass dadurch die Ausstossung des eruptiven Materials hervorgerufen wird. Stübel giebt natürlich die unumstössliche Tatsache zu, dass beim Uebergang vom flüssigen in den festen Aggregatzustand mit wenigen Ausnahmen eine Volumenverminderung eintritt, aber die Volumenabnahme soll während des Erkaltungsprozesses keine gleichförmige sein, sondern es soll vielmehr eine Phase eintreten, in welcher eben eine Expansion eintritt, trotzdem der Erkaltungsvorgang zuletzt mit einer Volumenabnahme abschliesst.

Diese Phase, gleichsam eine Störung in der Kurve der Volumänderung beim Uebergang vom flüssigen zum festen Zustand, bedingt die Explosionsfähigkeit des Magmas, und ob diese Phase wirklich eintritt oder nicht, davon hängt das Schicksal der Stübel'schen Erklärung des Vulkanismus ab.

In der Begründung seiner Lehre führt Stübel das physikalische Verhalten des Wassers an, welches bekanntlich bei + 4° seine grösste Dichte besitzt um dann wieder eine Volumenzunahme bis zum Festwerden zu erlangen. Auch Wismut erfährt kurz vor seinem Erstarren eine Ausdehnung wie auch Schmelzflüsse von Glasmassen oder von gewissen Metallgemischen einen unregelmässigen Verlauf in der Kurve der Volumveränderung zeigen. Desgleichen wird die Beobachtung, dass Schollen fest gewordener Laven auf flüssiger Lava schwimmen, von Stübel herangezogen, obwohl nach Dutton diese Lavastücke nur infolge anhaftender Gasblasen emporsteigen, um dann beim Verschwinden dieser Blasen endgültig unterzusinken.

Wenn nun auch die von Stübel herangezogenen Fälle des Wassers, des Wismut, des Eisens richtig sind, so lässt dies gewiss kein Schluss auf die Silikatgesteine und ihre Schmelzen zu und nur durch direkte Experimente konnte die Frage eine Lösung finden. In dieser Richtung nun wurde die Stübel'sche Ansicht einer Prüfung unterzogen und die Versuche fielen zu Ungunsten seiner Theorie aus.

Schon aus dem Jahre 1893 waren sorgfältige Versuche von dem Amerikaner Barus angestellt worden, die zeigten, dass die Silikatgesteine beim Schmelzen eine Volumvermehrung erfahren. Die gründlichste Widerlegung erfuhr aber die Expansionstheorie Stübels durch den Grazer Universitätsprofessor Dœlter. Seine Experimente ergaben ein Zusammenziehen der Laven beim Erstarren, und seine sorgfältig angestellten Swimmversuche ergaben, „dass weder das Schwimmen der festen Lava auf flüssiger, noch das Wiederauftauchen von untergetauchten Lavastücken ein Beweis für die Ausdehnung im Momente der Erstarrung sei, da beide Vorgänge lediglich durch die poröse Beschaffenheit der festen Laven bedingt seien.“ Ebenso spricht sich der durch seine bedeutende Schrift: „Kristallisieren und Schmelzen“ bekannte Gelehrte Tammann für eine Volumenabnahme beim Kristallisieren aus und zwar nicht bloss für die Silikate, sondern für alle Stoffe mit Ausnahme von Wismut und Wasser.

So ganz einwandfrei sind indes die Dœlter'schen Versuche nicht, was dieser auch selbst zugiebt. Zu seinen Schmelzversuchen benutzte er kleine Schwimmkörper, Bruchstücke von Gestein, das bis auf die Temperatur des im flüssigen Zustande befindlichen Silikates gebracht werden konnte (für welches ja gezeigt werden sollte ob darin Lavastücke aufsteigen oder untertauchen), ohne selbst zu schmelzen. Das spezifische Gewicht der Schwimmkörper war aber nicht bei 1100° bestimmt, welches die Temperatur der Silikatschmelze darstellte, sondern bei 20° und da ist es möglich, dass die Schwimmkörper, auf so hohe Temperaturen gebracht, molekulare Zustandsänderungen erfahren, die eine Aenderung des spezifischen Gewichtes zur Folge haben. So approximativ lässt sich die Sache nicht entscheiden; genaue Untersuchungen in dieser Richtung fehlen aber und nur diese können vollständige Gewissheit geben.

Dann hat auch Stübel gegen Dœlters Versuche den Einwand erhoben, dass sie insofern nicht mit den intratellurischen Vorgängen übereinstimmen, als hier die Abkühlung unter hohem Druck vor sich geht, bei welchem Druck sich möglicherweise die Verhältnisse ändern können. Ferner bemerkt er, dass die aufsteigenden Laven mit Gasen beladen sind, die beim Erstarren entweichen, welche Gase ja dann bei einer erneuten Schmelzung im Laboratorium fehlen, welcher Umstand wieder möglicherweise zu einer Fehlerquelle werden kann. Diesem Einwand hat Dœlter dadurch zu begegnen versucht, indem er zu seinen Untersuchungen gasarmes ba-

saltisches Material verwandte, welches jedenfalls nur einen geringfügigen Unterschied bei der ersten und zweiten Schmelze bezüglich der eingeschlossenen Gase aufweist.

Doch all diese Einwände sind unbewiesene Möglichkeiten und können weder als „Für" noch als „Wider angerufen werden. Es kann also, soweit heute unsere Kenntnisse reichen, nur gesagt werden, dass das physikalische Verhalten des Magma gegen die Stübel'schen Anschauungen spricht.

Für jede Eruptionsphase eines Vulkans ist es auch nicht mit einer Explosion getan, sondern es tritt eine öftere Wiederholung der Ausbrüche und zwar oft in sehr nahe gelegenen Zeiträumen ein. Es müsste also zur Erklärung dieser Tatsache ein öfterer Wechsel des Ausdehnens und Zusammenziehens bei dem kontinuierlichen Prozesse der Abkühlung des Magma stattfinden, eine Forderung die bei keinem Vorgang der Temperaturabnahme an irgend einem Stoffe bekannt ist. Dann müsste auch der Betrag der Volumenänderung ein ganz bedeutender sein, um die gewaltigen Kraftäusserungen des Vulkanismus hervorzubringen.

Auch Arrhenius will die Eruptionen auf eine Volumenzunahme des Magma zurückführen, welche aber durch die Wasseraufnahme desselben bedingt wird. Sein Ideengang ist folgender: Wasser dringt durch Spalten unter dem Meeresboden in die Tiefe. Erreicht es eine Schicht wo die Temperatur 365° ist, so kann es nicht mehr in flüssigem Zustand bestehen, da seine kritische Temperatur erreicht ist und es dringt, wenn auch vergast, noch weiter in die Tiefe bis es das Magma erreicht. (Arrhenius nimmt bekanntlich an, dass unter den infolge der Kontraktion in der Kruste geschaffenen Furchen das Magma sehr nahe der Oberfläche liegt). Das Wasser wird von dem Magma sehr stark absorbiert, weil bei 300° das Wasser eine so starke Säure ist, die selbst die Kieselsäure aus ihren Verbindungen treibt. Je höher die Temperatur des Magma, desto grösser seine Absorptionsfähigkeit. Das Magma wird durch die Wasseraufnahme leichtflüssiger und schwillt an. Das Magma wird emporgepresst durch einen Druck, der dem osmotischen Druck vollkommen ähnlich ist, und wenn es nun in dem Vulkanschlot emporsteigt, kühlt es sich ab und verliert in dem Maße die Fähigkeit das Wasser festzuhalten, welches unter heftigen Siedeerscheinungen und unter Mitreissung von fein zerteilter Lava, sogenannte Asche und vulkanischer Sand, oder selbst von Lavablöcken entweicht. Diese Darstellungsweise ist gewiss verlockend, aber die Schwierigkeit, wie Wasser aus dem

Meere bis zum Magmaherd vordringt, bleibt auch für die Theorie Arrhenius bestehen und auf diese Schwierigkeit soll bei Besprechung der Anschauung, welche die Vulkane wegen ihrer Lage in der Nähe des Meeres mit dem Meerwasser in ursächlichen Zusammenhang brachten, näher eingegangen werden.

Eine Erscheinung von der man vielfach bei der Erklärung des Vulkanismus ausging, bilden die Exhalationen, welche die Eruptionen begleiten und auch den Abschluss der vulkanischen Tätigkeit bilden. Man weiss ja, dass diese Aushauchungen auch fortdauern, wenn die Eruptionen nicht mehr auftreten und die Vulkane im sogenannten Ruhestande sind, womit die zwischen den Paroxismen liegende Zeiten schwacher, gleichsam schlummernder Tätigkeit bezeichnet werden. Ja, es sind diese Gasaushauchungen das letzte Lebenszeichen von Vulkanen, die heute als erloschene gelten, zu welcher Kategorie z. B. die Vulkane der Eifel oder der Auvergne gezählt werden. Das Studium dieser Dampf- und Gasaushauchungen wurde besonders durch Deville und Fouqué gefördert. Nächst der Ausflussöffnung der Lava ist die Art und das Mengenverhältnis dieser Gase ein anders als weiter abwärts oder gar am Ende des Lavastromes, und eben solche Unterschiede finden sich in den ausbrechenden Gasen kurz nach einer Explosion oder lange Zeit darnach. „Dieselbe Reihenfolge im Charakter und in der Art seiner Exhalationen, die ein Vulkan in zeitlichem Sinne zeigt, zeigt er auch im örtlichen."

Auf ihren einfachsten Ausdruck zurück geführt, stellen sich diese Gasemanationen nun folgendermassen dar:

Dort wo die Lava am heissesten ist, treten die trockenen Fumarolen auf; ihre Temperatur liegt über 500°; sie stellen sich in chemischer Hinsicht hauptsächlich als Chlorverbindungen dar, besonders herrscht das Chlornatrium (Kochsalz) vor.

(Schluss folgt.)

Das Schwarzwild,

seine Lebensweise und seine Jagd,

von Ernst *Faber*, Oberförster.

(Fortsetzung.)

Die Saujagd ist gegenwärtig hierlands sowie in den Nachbarländern wohl die einzige, die unter Umständen persönlichen Mut und Unerschrockenheit erfordert und deshalb für jeden wahren Jäger ein besonderer Genuss.