

4. Beiträge zur Theorie der Gebirgsbildungen und vulkanischer Erscheinungen.

Von Herrn ALEXANDER FLEISCHER in Reichenbach i. Schl.

Während ältere Geologen, wie ALEXANDER v. HUMBOLDT und LEOPOLD v. BUCH, glaubten, dass die Gebirge — soweit sie nicht directe Eruptivmassen sind — als Hebung der Erdrinde durch vulkanische Kräfte entstanden seien, haben neuere, zahlreiche Beobachtungen durch hervorragende Geologen zu der Ansicht gedrängt, dass die allmähliche Abkühlung des Erdballs und die damit verbundene Verkürzung des Erdradius einen tangentialen Schub auf die oberen Schichten ausgeübt und dadurch eine Stauchung resp. Faltung derselben zu Gebirgen veranlasst haben müsse. Diese Anschauung erscheint auf den ersten Blick seltsam, weil wohl angenommen werden muss, dass die obersten, doch ziemlich rasch erkalteten Schichten der Erdrinde sich stärker abgekühlt haben müssten als die, gegen Abkühlung durch die Luft und Strahlung mehr geschützten unteren Schichten, so dass eigentlich die oberen Schichten nicht gefaltet werden, sondern eine grosse Zahl von Rissen und Brüchen bekommen haben müssten.

In der Tat sieht sich HEIM¹⁾ zu der Annahme gedrängt, dass in tieferen Kugelschalen der Erde der faltenbildende Seitenschub allmählich abnimmt, und zuletzt ein Gebiet erreicht wird, in welchem die fortschreitende Abkühlung resp. Contraction Risse erzeugt, so dass durch diese Injectionen und Eruptionen des flüssigen Kernes erfolgen. Es sollen nun nach HEIM¹⁾ die verschiedenen Tiefenregionen sich in verschiedenen Stufen der Abkühlung befinden und die tieferen Schichten nicht im Verhältnis der Stadien für diese letzteren zu gross sein, sondern die äusseren Erstarrungslagen und die älteren Sedimente sollen verhältnismässig zu weit sein, in höherem Betrage als die unteren Erstarrungslagen, und hätten sich deshalb schon falten müssen, bevor die tieferen die Faltung begonnen haben.

Wie hat man nun eigentlich sich solchen Vorgang zu erklären? Angenommen, die Erde sei eine homogene Masse, die Contraction durch Abkühlung erfolge gleichmässig cubisch, und

¹⁾ Diese Zeitschr. XXXII, S. 262 ff.

die an der Oberfläche stattfindende Abkühlung erstreckte sich in gleicher Anzahl von Graden durch die ganze Masse, so bedarf es an dieser Stelle wohl keines Beweises, dass eine Stauchung der Schichten durch Abkühlung unmöglich eintreten kann. Es kann danach eine Stauchung nur eintreten, wenn der Contractions-coefficient der Abkühlung für die tieferen Schichten grösser ist als für die oberen.

Wir wissen, dass die älteren Eruptivgesteine Granit, Gneis, Porphyr, Trachyt einen geringeren Gehalt an schweren Metallen haben, als der jüngere Basalt, und dieser Umstand, in Verbindung mit dem ermittelten specifischen Gewicht des Erdballs, zwingt zu der Annahme, dass die tieferen Schichten einen erheblich höheren Gehalt an schwerem Metall haben. Wir kennen nun zwar den Contractions- oder richtiger Ausdehnungscoefficienten für Gesteine nicht, werden aber wohl nicht viel fehlgreifen, wenn wir denselben gleich demjenigen des Glases $\frac{1}{1115}$ — $\frac{1}{1427}$ für die Temperatur 0 — 100° annehmen, während derjenige der schweren Metalle — mit Ausnahme etwa des Platin und Palladium — soweit bis jetzt bekannt, wesentlich grösser ist (für Gusseisen $\frac{1}{901}$). Es dürften also bei der Abkühlung um eine gleiche Zahl von Graden die unteren Schichten, so weit sie fest sind, sich stärker zusammenziehen als die oberen.

HEIM (a. a. O.) fühlt sich zu der Ansicht gedrängt, dass der die Faltung bedingende Seitenschub sein Maximum in den ältesten Sedimentschichten und krystallinischen Schieferen haben dürfte und in den tieferen Schichten abnehme. Dies könnte für die Ansicht von HUTTON und MELLARD READ sprechen, wonach Faltengebirge nicht durch Verkürzung des Erddurchmessers als Folge der Abkühlung hervorgerufen werden, sondern dass die zuerst erstarrte Rinde durch spätere Bedeckung mit jüngeren Schichten der Abkühlung entzogen, nunmehr vom Erdinnern aus erwärmt und dadurch ausgedehnt worden sei. Versucht man hierfür eine Berechnung der möglichen Faltung, so ist, wie schon bemerkt, der Ausdehnungscoefficient für Gestein zwar nicht bekannt, man wird aber schwerlich viel fehlgreifen, wenn man ihn dem höchsten für Glas ermittelten gleichsetzt, also $= \frac{1}{1115}$ für 0 — 100° ³⁾, und es würde alsdann bei Bedeckung älterer Gesteine mit 3000 m starken jüngeren Schichten, und der Annahme einer Wärmezunahme von 1° auf 30 m eine Temperaturerhöhung von 100° stattfinden können, was einer Ausdehnung um 1,115 m per Kilometer entspricht. Um ein ungefähres Bild zu erhalten, wie gross danach die lineare Ausdehnung einer Scholle sein müsste, welche ein Faltengebirge

¹⁾ WÜLLNER's Wärmelehre S. 47.

wie die nördlichen tyroler Kalkalpen bilden könnte, habe ich die erforderliche Ausdehnung für die Linie Murnau, Krottenkopfsattel, Klein-Wannersattel, Telfs berechnet. Ich habe dabei das Loisachtal als Erosionstal angenommen und etwaige Antiklinalen nicht berücksichtigt; die ersten drei Seehöhen sind mit 700, 1800, 2200 m und die von Telfs mit Rücksicht auf die Erosion, gleich der von Arzel im Pitztal, auf 900 m angenommen. Die horizontalen Luftlinienentfernungen sind wie folgt angenommen: Murnau-Telfs 43.5, Murnau-Krottenkopfsattel 14.75, Klein-Wannersattel-Telfs 12.25 km, und nach diesen Daten berechnet sich die Summe der drei Linien Murnau-Krottenkopf, Krottenkopf-Klein-Wanner, Klein-Wanner-Telfs um 111 m länger als die Linie Murnau-Telfs.

Eine Scholle, welche durch Bedeckung mit einer 3000 m starken Schicht eine Ausdehnung von 111 m ermöglichen würde, müsste danach

$$1000 : 1,115 = x : 111, \quad x = 99,5$$

eine zur Falte senkrechte Länge von 99,5 km haben. Erwägt man die enorme Reibung, welche erforderlich ist, eine Scholle von solchen Dimensionen auf ihrer Unterlage zu verschieben, ferner dass die Erwärmung und Ausdehnung unter zunehmender Belastung eine allmähliche ist, dass bei einem spec. Gewicht von nur 2,33 die darüber liegende Masse — von 3000 m Dicke — einen Druck von ca. 700 Kilo pro qcm ausüben würde, dass nach HEIM (a. a. O.) eine Belastung von 1000 Kilo ausreicht, um den härtesten Kalkstein vollständig zu zerdrücken, für weniger festes Material aber meist schon die Hälfte dieser Belastung genügt — so muss die Möglichkeit der Bildung so grosser Falten in dieser von HUTTON und READ vermuteten Weise wohl bestritten werden; es würden sich gewiss nur eine grössere Zahl kleiner Falten gebildet haben.

Es scheint nun eine grössere Zahl von Forschern zu geben, welche die Stauchung als Folge der Erkaltung nicht für ausreichend erachten, alle diejenigen Formen der Gebirgsbildung zu erklären, welche, nicht schon an der Oberfläche erkennbar, als Folgen vulkanischer Ausbrüche zu betrachten sind. Es dürfte daher vielleicht die ältere Ansicht der directen Hebung grosser Gesteinsmassen zu Gebirgen durch vulkanische Kräfte wieder mehr Beachtung finden, zumal die Möglichkeit solcher Hebung durch die Domvulkane nachgewiesen ist. Ausserdem ist in der Nähe der Insel Santorin in der Zeit vom 26. Januar bis 9. Februar 1866 gewissermassen unter unseren Augen der Vulkan Georg ohne Erdbeben, ganz ruhig und geräuschlos durch notorische Hebung des Meeresbodens aufgetaucht¹⁾ und zwar

¹⁾ JULIUS SCHMIDT: Vulkanstudien, 1872.

soll dieses Aufsteigen zuweilen so rasch erfolgt sein, dass das Auge kaum folgen konnte.¹⁾ Es wurde ferner später bemerkt, dass im Krater des Georg auf der flüssigen Lava schwimmende Felsen auftauchten, welche nach jeder Eruption verschwanden, um nach wenigen Minuten allmählich wieder aufzutauchen. Danach könnte die Frage der Entstehung von Kettengebirgen durch Hebung seitens vulkanischer Massen, welche durch die, auch von HEIM — wie eingangs erwähnt — angenommenen Risse in der ersten Erstarrungskruste emporgedrungen sind, wohl wieder in den Vordergrund treten.²⁾

Eine wesentliche Stütze der Ansicht, die Entstehung der Gebirgszüge einer Faltenbildung durch Contraction zuzuschreiben, lag wohl in der bisherigen Unklarheit der Ansichten über die Ursache vulkanischer Erscheinungen, und diese Unklarheit konnte sich erhalten, so lange man annahm, dass jede Temperaturerniedrigung eine Volumenverminderung bedinge. Noch in der Mitte der fünfziger Jahre des vorigen Jahrhunderts lehrte der hervorragende Physiker DOVE, es sei eine ausserordentliche Weisheit der Schöpfung, dass das Wasser die einzige Flüssigkeit sei, welche beim Erstarren sich ausdehne, und diese Ansicht hat sich dann noch mehrere Jahrzehnte erhalten, obwohl den Chemikern³⁾ schon mindestens Anfang der vierziger Jahre bekannt war, dass Gusseisen sowie Wismut sich bei langsamem Erstarren ebenso verhalten, und Blei nur dann krystallisiert, wenn ihm Gelegenheit geboten ist, sich beim Erstarren auszudehnen.

In neuerer Zeit haben dann NIES und WINKELMANN⁴⁾ nachgewiesen, dass auch Zink, Kupfer, Zinn, Antimon sich ebenso wie Gusseisen verhalten. WIEDEMANN sowie VINCENTINI und AMODEI gelangten bezüglich des Zinns, Cadmiums und Bleies zu der Ansicht, dass diese Metalle sich beim Erstarren nicht ausdehnen; es ist aber eigentümlich, dass dies gerade solche Körper sind, welche bei sehr niedriger Temperatur schmelzen und verdampfen, und es entsteht daher die Frage, ob die bei dem Versuch angewendete Methode doch nicht geeignet war, ein langsames Erstarren zu verhindern. Weitere Versuche von NIES haben ergeben, dass auch Gold, Messing, Basalt und verschiedene andere, in meiner Quelle

¹⁾ SCHMIDT berichtet dies ohne Beifügung des Wortes zuweilen, es muss dies aber auf einem Versehen beruhen, wie aus sonstigen Zeitangaben hervorgeht.

²⁾ Die Bildung der Sonnenflecke gestattet vielleicht die Vermutung, dass auch der ersten Erstarrungskruste der Erde Schollenbildungen vorangegangen, zwischen denen die Risse durch Eruptionen sich offen erhalten haben.

³⁾ OTTO GRAHAM: Lehrbuch der Chemie, 1846.

⁴⁾ WÜLLNER: Wärmelehre, 1896, Seite 653 ff.

nicht angegebene Silikate sich beim Erstarren ausdehnen. Es haben THOMSON und CLAUSIUS¹⁾ aus der mechanischen Wärmetheorie abgeleitet, dass für flüssige Körper, welche sich beim Erstarren ausdehnen, Druck den Schmelzpunkt erniedrigt, dagegen für solche, welche sich beim Schmelzen ausdehnen, Druck den Schmelzpunkt erhöht, und MOUSSON²⁾ wie BUNSEN¹⁾ haben dies experimentell bewiesen; es muss daher umgekehrt geschlossen werden, dass Körper, welche durch Druck ihren Schmelzpunkt erniedrigen, beim Erstarren sich ausdehnen müssen. Nun findet FELLEBERG³⁾ bei seiner Studie des Finsteraarhorngesteins, dass mächtige Schollen von Kalkstein sich keilförmig in den Granit eingedrückt haben, ferner dass Glimmerblättchen an Stellen seitlichen Druckes sich senkrecht zur Richtung des Druckes gestellt haben, und er hat den Druck als Ursache für die letztere Beobachtung experimentell nachgewiesen. Es muss daher eine Erweichung des Granits angenommen werden und mindestens eine Schmelzung des Feldspats durch Druck, also auch eine Ausdehnung dieses Minerals beim langsamen Erstarren.

Die vorstehenden Tatsachen haben mir seit vielen Jahren die Frage nahe gelegt, ob nicht die durch Abkühlung bedingte Schwindung des Erdkerns mindestens kompensiert werde durch Ausdehnung des flüssigen Erdinnern beim langsamen Erkalten. Hierfür war es notwendig, die Grösse dieser Ausdehnung festzustellen, und dies ist mir beim Gusseisen in anscheinend einwandfreier Weise gelungen. Gerade das Gusseisen ist für die obige Frage besonders wichtig, weil das spezifische Gewicht der Erde, ferner das Vorkommen schwerer Metalle in der Erdrinde und in den spezifisch schwereren Einschlüssen in Chondriten, sowie im Meteoreisen, und schliesslich die spektroskopische Untersuchung der Sonnenflecke⁴⁾ — darauf hinweisen, dass das Eisen in dem Gehalt unseres Erdkörpers an schweren Metallen, eine, alle anderen weit überwiegende Rolle spielt.

Dass aber das metallische Eisen als Gusseisen resp. entsprechend mit Kohlenstoff verbunden vorhanden ist, dafür spricht die grosse Aufsaugungsfähigkeit resp. Verwandtschaft des Eisens zum Kohlenstoff, wie solche sich besonders bei der Herstellung von Cementstahl zeigt, ferner das Auftreten des Graphits in der Form, in welcher er sich aus seiner Auflösung in Eisen ausscheidet, und ferner das Vorhandensein von Graphit, ja sogar von

¹⁾ WÜLLNER: Wärmelehre, S. 667 ff.

²⁾ MOUSSON hat Eis bei -18° Celsius durch Druck geschmolzen.

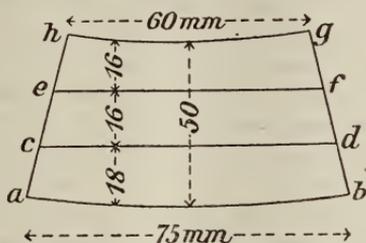
³⁾ Jubelband der schweizer. naturforsch. Ges. in Bern.

⁴⁾ Gaa VIII, 1900, OTTO KLEMSCH.

Kohlenwasserstoffen im Meteoreisen¹⁾ und zwar der letzteren in derjenigen Form, in welcher sie sich beim Auflösen von Gusseisen in Säuren ausscheiden und notwendig entstehen müssen, wenn kohlenstoffhaltiges Eisen durch Atmosphärlilien oxydiert wird.

Es ist bekannt, dass geschmolzenes Gusseisen beim Giessen in eiserne, eine oberflächlich sehr rasche Abkühlung bewirkende Schalen sich in mehr oder minder starkem Maasse an der äusseren Wandung in weisses glashartes Metall verwandelt. Ich verschaffte mir nun ein eisernes Gussstück von beistehendem Querschnitt, von welchem die Seite a b in eine eiserne Schale, der andere

Fig. 1.



Teil in Sand gegossen war. Es zeigte sich der Teil a b c d des Querschnitts ganz weiss, strahlig, glashart, e f g h als feinkörniges graues, e d f c als etwa halbiertes Eisen. Es wurde eine dem Querschnitt entsprechende Platte von 6 mm Stärke abgesägt und diese in den Linien c d, e f wiederum geteilt. Die Bestimmung des specifischen Gewichts dieser drei Platten ergab für

a b d c weisses Eisen	7,57
c d f e halbiertes Eisen	7,28
e f g h graues Eisen	7,23

Es ist bekannt, dass das graue Eisen bei der Abkühlung vom Erstarrungspunkt bis zu gewöhnlicher Lufttemperatur um 0,9% schwindet, während bei Stahlgussroststäben, welche durch ihre ganze Masse aus Weisseisen bestehen, diese Schwindung auf 1,8% angenommen wird. Nach einer älteren Angabe²⁾ soll diese Schwindung jedoch 2—2¹/₂% betragen, und es sei daher diese letztere in Betracht gezogen.

Danach ergibt sich das spec. Gewicht im soeben erstarrten Zustande

für weisses Eisen auf 7,54—2 ¹ / ₂ % =	7,35
„ graues „ „ 7,23—0,9% =	7,165.

¹⁾ Prometheus, V. Jahrg., S. 495.

²⁾ OTTO GRAHAM: Lehrbuch der Chemie, 1846.

Das geschmolzene Eisen hatte also zur Bildung des grauen Eisens sich von 7,35 auf ein spec. Gewicht von 7,165, also um $2\frac{1}{2}\%$ ausgedehnt und diese Ausdehnung betrug auch nach dem Erkalten noch 1,6%. Diese Ausdehnung erfolgt mit sehr grosser Kraft, so dass früher beim Guss von Walzen in eiserne Schalen die Gussstücke häufig durch den inneren Druck zerrissen, bis man dahin gelangte, durch eine besondere Manipulation zu bewirken, dass das überschüssig werdende Eisen in der Richtung der Axe abfliessen kann. Es wird hierauf noch am Schlusse zurückgegriffen werden.

Den grössten Teil der vorstehend bezüglich der Ausdehnung beim Erstarren mitgetheilten Tatsachen habe ich 1901 in No. 595, Jahrg. 12, des Prometheus veröffentlicht unter dem Titel: Wird der Erddurchmesser durch Abkühlung des Erdballs vermindert? und am Schlusse dieser Mitteilung bemerkt, dass, wenn weitere Untersuchungen das mitgetheilte Material vermehren, dadurch ältere Ansichten über Gebirgsbildung und vulkanische Erscheinungen wieder zu Ehren gelangen dürften und sich — da das Wasser stärker abkühlend wirkt als die Luft und die Strahlung — recht gut erklären liesse, warum die Lava auswerfenden Vulkane heute fast immer in der Nähe von Meeren vorkommen.

Bald darauf kam das Werk von Dr. STÜBEL: Die Vulkanberge von Ecuador 1897 in meine Hände, in welchem der Verfasser durch rein geologische und topographische Studien zu dem Schlusse gelangt, dass die vulkanischen Vorgänge zurückzuführen seien auf die Ausdehnung des flüssigen Magma beim Erstarren.

STÜBEL folgert für den vorliegenden Zweck Folgendes:

1. Er unterscheidet monogene Vulkane, welche fast immer vielgestaltig und massig, und polygene, welche fast immer conisch geformt sind. Er versteht unter den ersteren solche, welche durch einen Eruptionsvorgang resp. durch so rasch aufeinander folgende Eruptionen entstanden sind, dass der Aufbau des Berges vollendet wurde, bevor die Erstarrung durch die ganze Masse beendet war. Die demnach darin noch vorhandene glutflüssige, von erstarrter Lava umgebene Masse nennt er peripherische Herde und bezeichnet sie als den Sitz ausserordentlich vieler vulkanischer Ausbrüche. Im Gegensatz dazu betrachtet er die polygenen Vulkane als solche, welche durch in längeren Zeiträumen wiederholte Aufschüttungen allmählich entstanden, und hierdurch die conische Form erhalten haben. Dieselben seien mehrfach noch heute durch Kanäle mit dem Magma verbunden wie Vesuv, Aetna, Cotopaxi etc.

2. Allem Anschein nach gelingt es dem Wirken der vulkanischen Kräfte oft weit eher, neben einem schon vorhandenen

Vulkanberge einen neuen aufzuwerfen, als einen erloschenen wieder in Tätigkeit zu setzen.

3. Die vulkanische Kraft, wo immer sie sich äussern möge, kann nichts anderes sein als die Folge eines Erkaltungsvorganges innerhalb einer ringsum umschlossenen glutflüssigen Masse, eines Vorganges, der wesentlich in einer mehr oder minder plötzlichen Volumenvergrößerung zum Ausdruck gelangt.

4. Detonationen und Gasausströmungen bei Eruptionen sind nur eine begleitende Erscheinung.

5. Die sedimentären Gesteine dürften nicht entstanden sein durch Zersetzung der krystallinischen, sondern durch Zerstörung der jüngeren Eruptivgesteine, welche die erste erstarrte Erdrinde in ungeheuren Massen wie einen Panzer umhüllt haben dürften.

Die vorstehenden, aus langjährigen Studien von STÜBEL gefolgerten Sätze ermutigen mich, fassend auf diesen Sätzen und den von mir angeführten Tatsachen über Ausdehnung beim Erstarren, eine einheitliche Erklärung verschiedener vulkanischer Erscheinungen zu versuchen.

Zunächst muss bemerkt werden, dass, wenn mehrfach angenommen wird,¹⁾ es könnten die magmatischen Reservoirs von Vulkanen sich erschöpfen, dieser Annahme eine völlige Verkennung der Natur des Magma zu Grunde liegen dürfte. Mit Recht wird wohl ziemlich allgemein aus verschiedenen, auch astronomischen Gründen angenommen, dass zwischen dem flüssigen Erdinnern und der festen Rinde sich eine breiartige Schicht, das Magma, befinden müsse. Es kann dies garnicht anders sein, weil Rinde sowie flüssiges Erdinneres aus verschiedenen Körpern von sehr ungleicher Schmelzbarkeit bestehen. Es werden also beim allmählichen Erkalten zuerst die schwer schmelzbaren Bestandteile auskrystallisieren und mit denen von niedrigerem Schmelzpunkt eine breiartige Masse bilden.

Das Magma wird also überall, wo es noch flüssige Masse giebt, vorhanden sein müssen, und nur die Spannung, unter welcher es sich befindet, kann eine verschiedene sein, vielleicht bedingt durch die Form der darüber befindlichen festen Rinde. So kann die Tiefe des thyrrinischen Meeres von 3160 m, ungefähr in der Mitte zwischen Vesuv und Aetna,²⁾ vielleicht bewirken, dass hier zwei Herde verschiedener Spannung bestehen, und dies die Ursache ist, dass diese beiden Vulkane — so weit Notizen darüber vorhanden — nie gleichzeitig grössere Tätigkeit entwickelt haben.

Es ist nun zunächst bekannt, dass die Lavaergüsse des

¹⁾ GÜNTHER: Geophysik I, S. 426, 1897.

²⁾ Der Golf von Neapel ist 200 m, das Jonische Meer dem Aetna gegenüber 500—1000 m tief, je nach Entfernung von der Küste.

Mauna Loa auf Havaii (ca. 4800 m hoch) in majestätischer Ruhe, vollständig explosionsfrei und deshalb auch meist ohne irgend welche seismische Störung erfolgen, und es ist bereits früher die ebenfalls ganz ruhig erfolgte Hebung des Vulkan Georg bei der Insel Santorin hervorgehoben worden. Diese beiden Tatsachen beweisen zur Genüge, dass der eigentliche Zweck von Lavaergüssen und vulkanischen Hebungen lediglich der Ausstossung von Massen dient, für welche im Innern der Erde kein Raum mehr vorhanden. Die Ursache dieser Raumverminderung und des Auftriebs sieht HORNSTEIN¹⁾ in der fortschreitenden Erkaltung und Contraction der Erdrinde; diese Ursache erscheint aber wohl als ausgeschlossen durch die eingangs erwähnten, von der grossen Mehrzahl der Geologen anerkannten Ursachen der Stauchung der Rinde zu Gebirgsmassen.

Es wird daher für die Lavaergüsse wohl keine andere Ursache zu finden sein, als die im dritten Satz der STÜBEL'schen Schlussfolgerungen angeführte: die Ausdehnung des Magma beim Erstarren.

In Gasentwicklungen kann die Veranlassung zum Auftrieb wohl nicht gefunden werden, weil fortschreitende Abkühlung und zunehmender Druck die Absorption von Gasen nur befördern und das Freiwerden verhindern.

In dem Maasse der Erstarrung des Magma muss nun in demselben ein Druck entstehen, welcher — gemäss der früher erwähnten, von CLAUDIUS und THOMSEN entwickelten Formel — in erster Reihe dahin wirken wird, Gesteine von niedrigerem Schmelzpunkt als der des Magma, also auch Teile der bereits erstarrten Rinde zu verflüssigen.²⁾ Ganz besonders aber wird hiervon die Lava betroffen werden (deren Schmelzpunkt ca 300° niedriger liegt als der des Granit, Gneis etc.), welche bei Beendigung eines Ausbruchs den Verbindungskanal mit dem Krater verstopft hat, und diese Wirkung kann sehr wohl sich bis in grosse Nähe der Erdoberfläche erstrecken und mit so hohem Druck verbunden sein, dass auch eine Hebung erstarrter Lava erfolgt. Das früher angeführte Verhalten des Gusseisens beweist, dass die Ausdehnung mit sehr grosser Sprengkraft erfolgen kann.

Es ist ferner eine bekannte Tatsache, dass in mit kaltem Wind arbeitenden Hochöfen bei Temperaturerniedrigungen — wie sie durch nasse Erze, feuchte Luft etc. leicht entstehen — sich eine leichter schmelzbare, eisenreichere Schlacke bildet. Es wird

¹⁾ GÜNTHER: Geophysik I, S. 426.

²⁾ Die etwaige Annahme, dass der Druck eine Erwärmung zur Folge haben muss, braucht nicht zutreffend zu sein, da beim Wasser zwischen 0 und +4° der Druck eher eine Abkühlung bewirkt.

daher weiter der Druck dahin wirken können, dass ein Magma von hohem Gehalt an Quarz resp. Kieselsäure, und dadurch schwer schmelzbar, durch Aufnahme basischer Gesteine, wie kohlenaurer Kalk, Magnesia, Eisenoxydul etc. ein basischeres oder, richtiger gesagt, leichtflüssigeres Silikat bildet. Es wird dadurch unter Umständen, wenn der frühere Kanal durch eine magmareichere, deshalb schwerer schmelzbare Lava verstopft worden, ein neuer Kanal leichter eröffnet werden, und dies entspricht der zweiten STÜBEL'schen These. Es wird dies besonders dadurch erleichtert werden können, dass in darüber liegenden Kalk- oder Dolomitschichten durch eingesickertes Wasser oft sehr tiefe Kanäle — die Dolinen des Karst — bereits vorhanden sein können. So ist der 30—40 km lange Lavastrom Wa'ratez Zakije im nördlichen Syrien aus dem Schichtenbau der Kreideformation hervorgebrochen. ¹⁾

Ist dann die Verbindung des Magma mit der Erdoberfläche hergestellt, so findet natürlich die Entlastung von einem kolossalen Druck sehr plötzlich statt, und die bisher unter demselben absorbiert gewesenen Gase werden mit ungeheurer Kraft entweichen. Sie werden die Lava direct aus dem Krater in grosse Höhe herausschleudern können, andererseits das Ausfliessen derselben befördern, aber auch vielfach Blasen und Höhlungen bilden, die mit Detonation platzen können.

ARMAND GAUTIER hat noch in älteren Laven das Vorhandensein grosser Mengen von absorbiertem Wasserstoffgas nachgewiesen, MATTEUCCI an ausgeworfenen Laven beim Ausbruch des Vesuvs im Jahre 1895 das Vorhandensein von Ammoniak und salpetersauren Salzen. Dass in den, bei vulkanischen Ausbrüchen entweichenden Gasen auch Chlor, Phosphor und Schwefel vorhanden sein müssen, wird niemand bezweifeln, und es ist also die Möglichkeit zur Bildung explosibler Gase in vollem Masse vorhanden.

Die wesentlichste Ursache der furchtbaren Verheerungen, welche scheinbar erloschene Vulkane beim Beginn erneuter Tätigkeit verursachen, dürfte aber wohl im Zutritt von Wasser, sei es als Wasser, sei es als Dampf, von hoher Spannung zu suchen sein. Es muss nun darauf hingewiesen werden, dass die als Wärmeschutzmasse verwendete sog. Schlackenwolle früher — die gegenwärtige Herstellungsweise wird wohl ähnlich sein — in Königshütte dadurch erzeugt wurde, dass man durch ein 3—4 mm weites Rohr Dampf von 3 Atmosphären gegen einen dünnen Strahl von Hochofenschlacke blies. Es wurde hierdurch die Schlacke

¹⁾ STÜBEL, S. 365.

zerstäubt und gleichzeitig abgekühlt und so ein feines sandartiges Pulver mit vereinzelt etwa Stecknadelknopf grossen Kügelchen erhalten.

Als ich sehr harte, dunkelolivgrüne Lapilli vom oberen Aschenkegel des Vesuv (im Jahre 1902 entnommen) mit verdünnter Salzsäure kochte, wurden diese bis auf kleine eingesprengte dunkelbraune Krystalle und Krystallfragmente (anscheinend Augit) ganz weiss und liessen sich mit den Fingern leicht zu einem feinen Sand zerdrücken, der der Schlackenwolle ganz ähnlich ist. Es dürfte daraus zu schliessen sein, dass ganz ähnliche Ursachen wie diejenigen zur Bildung der Schlackenwolle, also Wasserdampfeintrömung in die flüssige Lava, die Entstehung der vulkanischen Asche und der Lapilli veranlassen können.

Die am 12. Februar 1866 beobachtete erste Eruption am Georg (Insel Santorin), bestehend in einer grossen schwarzen Aschenwolke, begleitet von mächtigen, tiefen Detonationen, aber ohne wahrnehmbares Erdbeben, war erst möglich, als die Hebung des Meeresbodens so weit vorgeschritten war, dass das Meerwasser durch Risse zur Lava gelangen konnte. Bei Vulkanen, welche längere Zeit geruht haben, werden in den stets vorhandenen Hohlräumen grosse Mengen atmosphärischen Wassers sich angesammelt haben, die dann ebenfalls gerade den Beginn der eruptiven Tätigkeit durch kolossale, verheerend wirkende Aschenregen einleiten und natürlich auch viel mehr erstickende Gase entwickeln, als dies sonst der Fall wäre.

Bei hoch liegenden Vulkankratern wird diese Wirkung des Wassers wahrscheinlich garnicht mit Hilfe des Leidenfrostschen Phänomens erfolgen, sondern einfach durch geiserartig entstehende sehr hoch gespannte Wasserdämpfe. Die häufig beobachteten, in sehr kurzen Zwischenräumen erfolgenden Detonationen und Eruptionen deuten darauf hin. Auch dürften bei längerer Tätigkeit Wasserreservoirs im Innern des Vulkanberges nicht mehr vorhanden sein.

Wenn, nach Angaben von PHILLIPS, PALMIERI bei dem Vesuvausbruch von 1867 eine den Gezeiten entsprechende stärkere und schwächere Eruptionstätigkeit bemerkt haben wollte, so kann dies vielleicht mit entsprechendem verstärktem Dampfzutritt zur Lava zusammenhängen.

Mit Zunahme der Dicke der Erdrinde wird, besonders unter den grossen Festlandmassen, der Grad der Abkühlung mehr und mehr abnehmen, also auch das Quantum erstarrenden Gesteins, und es wird die dadurch entstehende Spannung im Magma sehr wenig wachsen, so dass sie zwar nicht ausreicht, einen directen Kanal nach der Oberfläche zu öffnen, wohl aber sich allmählich

nach Magmaherden tätiger Vulkane ausgleichen kann, sobald in diesen die Spannung durch eine Eruption sinkt.

In der Nähe der Meere wird oft die Wirkung des nach dem Lavakanal strömenden Wasserdampfes die Bildung einer erstarrten Oberfläche verhindern resp. dieselbe sprengen. Andererseits muss die Abkühlung unter den Meeren durch das Wasser stärker sein als auf dem Festlande, wo bloss Luft und Strahlung abkühlen; es wird daher das Erstarren, also auch die Ausdehnung des Magma in stärkerem Maasse erfolgen. Beide Umstände müssen dahin wirken, das Erlöschen vulkanischer Tätigkeit zu verzögern. Bei dem früher erwähnten Prozess der Bildung leichter schmelzbarer Massen als Folge des Druckes muss natürlich die Einwirkung des kieselsäurereichen Magma auf kohlen sauren Kalk etc. enorme Quantitäten von Kohlensäure frei machen, und so erklärt sich vielleicht das massenhafte Auftreten von Kohlensäure in vulkanischen Gegenden resp. in Gesteinen vulkanischer Natur.

STÜBEL spricht unter 5. die Ueberzeugung aus, dass hauptsächlich die enormen vulkanischen Massen, welche die krystallinen Gesteine der ersten Erdrinde wie einen Panzer umhüllen, das Material für die sedimentären Gesteine geliefert haben werden. In noch weit höherem Grade dürften die viel leichter zersetzbaren vulkanischen Aschen hierzu beigetragen haben, deren Menge bei der früher viel grösseren Ausdehnung der Meere eine ganz enorme gewesen sein muss. So giebt SUSS in seiner Schrift „Das Antlitz der Erde“ an, dass unter der Stadt Neapel noch mindestens 1500 Fuss tief Asche und Tuff liegen.

Es muss nun noch der Domvulkane gedacht werden, zu deren Erklärung in GÜNTHER's Geophysik auf die Erklärung für die Mondvulkane Bezug genommen wird. Um die Ursache der Entstehung dieser Vulkane festzustellen, haben¹⁾ NASMYTH und CARPENTER eine dünnwandige Glaskugel mit Wasser gefüllt und gefrieren lassen und daraus erläutert, dass auf dem Monde vulkanische Kräfte in gleicher Weise, also durch Ausdehnung einer Flüssigkeit beim Erstarren, tätig gewesen sein müssten. SUSS¹⁾ hat ferner behufs Erklärung der Bildung der Mondvulkane Bezug genommen auf das Giessen von Gusseisen in eiserne Schalen, jedoch in ganz unrichtiger Weise die dabei beobachteten Erscheinungen auf einen Gasgehalt des Eisens zurückgeführt. Es ist über die wirkliche Ursache schon früher berichtet, und es ist gewiss interessant, dass beide Theorien über die Mondvulkane auf der Ausdehnung von Flüssigkeiten beim Erstarren basieren. Auf Grund der bisherigen Ausführungen dürfte man sich nun die Ent-

¹⁾ GÜNTHER: Geophysik I, S. 129.

stehung der Domvulkane vielleicht so zu denken haben, dass eine vulkanische Masse, unter hohem Druck stehend, bei der Berührung mit dem darüber befindlichen Gestein sich bis zu einer gewissen Tiefe unter ihren Schmelzpunkt abkühlt, infolge des Druckes aber noch flüssig bleibt; wird dann endlich durch den Druck das Deckgestein gehoben, so findet eine Druckentlastung statt, die das sofortige Erstarren der abgekühlten Schicht zur Folge hat. Neues Empordringen vulkanischer Massen wird dann in gleicher Weise die weitere plattige Absonderung fort und fort veranlassen und zwar muss diese in derjenigen Form erfolgen, welche durch die abkühlende Oberfläche des Deckgesteins bedingt ist. Auf diese Weise dürfte sich die von SUPAN¹⁾ mit einer Zwiebel verglichene Struktur der Domvulkane wohl am einfachsten erklären lassen. Nach GÜNTHER²⁾ kann man sich die Erfüllung der Hohlräume in Lavamassen mit Flüssigkeiten nicht recht erklären, weil dieselben, wenn schon früher im Magma eingeschlossen, bei nachlassendem Druck verdampfen mussten. Dehnt eine, von erstarrter Lava rings umschlossene, geschmolzene Lavamasse beim Erstarren sich aus, so werden hierdurch natürlich vielfach die Wandungen von Blasenräumen der erstarrten Umhüllung eingedrückt und nunmehr auf die darin befindlichen schon abgekühlten Gase von neuem ein Druck ausgeübt werden, welcher die Verflüssigung bewirken könnte.

Anlangend die Erdbeben in vulkanischen Gebieten werden überall dort, wo die Magmaergüsse in so grossen Mengen und so rasch hinter einander erfolgt sind, dass — nach STÜBEL's Bezeichnung — monogene Vulkane gebildet worden und peripherische Herde glutflüssiger Lava entstanden sind, die in dieser absorbiert enthaltenen Gase bei Druckentlastung Höhlen bilden, wie dies beispielsweise im Aetnagebirge so vielfach sichtbar ist. Es wird die Wahrscheinlichkeit nicht abzuweisen sein, dass durch Ausdehnung der noch vorhandenen flüssigen Lava beim Erstarren die Wandungen solcher Höhlen eingedrückt werden und so Einsturzbeben entstehen können. Ferner werden die von STÜBEL und anderen beobachteten, aus peripherischen Herden entstehenden kleineren Vulkane die Lava stets dort hin ergiessen, wo der geringste Widerstand vorhanden ist. Es wird daher ein solcher Erguss auch seitlich nach vorhandenen Höhlen erfolgen und dort noch vorhandene Gase, oder bei früherer Zerklüftung eingedrungenes Wasser, durch die plötzliche enorme Erhitzung unter gleichzeitiger Raumverminderung zu Detonationen veranlassen können.

¹⁾ Grundzüge der physischen Erdkunde, Leipzig 1896, S. 504.

²⁾ Geophysik I, 1897, S. 390.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: [55](#)

Autor(en)/Author(s): Fleischer Alexander

Artikel/Article: [4. Beiträge zur Theorie der Gebirgsbildungen und vulkanischer Erscheinungen. 56-68](#)