

## Werk

**Titel:** Die Frage nach dem Wassergehalt des vulkanischen Magmas

**Autor:** Sapper , Karl

**Ort:** Berlin

**Jahr:** 1918

**PURL:** [https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X\\_0006](https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0006) | LOG\_0283

## Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)  
SUB Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen

✉ [info@digizeitschriften.de](mailto:info@digizeitschriften.de)

# DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Sechster Jahrgang.

9. August 1918.

Heft 32.

## Die Frage nach dem Wassergehalt des vulkanischen Magmas.

Von Prof. Dr. Karl Sapper, Straßburg i. E.,  
o. Professor der Geographie an der Universität.

In den Diskussionen über die Probleme des Vulkanismus hat in den letzten Jahrzehnten die Frage nach der Rolle, z. T. auch nach dem Vorhandensein des Wasserdampfs unter den vulkanischen Gasen einen großen Raum eingenommen. Es mag daher von Interesse sein, einmal ein Bild von den verschiedenen Versuchen zu geben, die jene Frage der Lösung näher zu bringen trachten, und den gegenwärtigen Stand der Erörterungen anzudeuten, wobei freilich auf die älteren Ideen und Auffassungen nicht eingegangen werden soll.

In der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts war die überwiegende Mehrzahl der Vulkanologen sich darin einig, daß Wasserdampf in den vulkanischen Aushauchungen in großen Mengen vorhanden sei; man braucht sich darüber nicht zu wundern, da in den vorangegangenen Jahrzehnten des Kampfs um die Frage des Erhebungsalters beide Parteien in der Annahme bedeutsamer Beteiligung des Wasserdampfs an vulkanischen Ausbrüchen einig waren, so Alexander v. Humboldt<sup>1)</sup> und vor allem George Poulett Scrope<sup>2)</sup>. Das Schlimme an allen Spekulationen über den Wasserdampf im Magma und sein Erscheinen in der explosiven Ausbruchswolke beruht darin, daß es bisher nicht geglückt ist, Apparate herzustellen, die ein unmittelbares Auffangen der vulkanischen Gase im Augenblick der Explosionen selbst gestatten würden; infolgedessen hat man keine feste Beweise für die Anwesenheit oder Nichtanwesenheit des Wasserdampfs in den Gasen explosiver Ausbrüche in Händen, vielmehr bleibt man mehr oder weniger auf Vermutungen und Augenschein angewiesen, während man bei den vergleichsweise ruhigen Lavamassen einiger „Feuerseen“ oder einzelner Lavaströme unter günstigen Umständen tatsächlich in die Lage kommen kann, frische Lava oder deren Aushauchungen vor deren Vermischung mit der atmosphärischen Luft aufzusammeln, wovon später noch die Rede sein wird. Es ist offenbar, daß ruhige Lavaseen, wie sie uns am häufigsten im Krater des Kilauea auf Hawaii entgegen-treten, sehr viel weniger Gase von sich geben, als explosivtätiges Magma, wie es in den Stratovulkanen vorhanden zu sein pflegt. Zudem erfolgt

ihre Aushauchung meist ruhig und still, so daß auch die Beobachtung wesentlich erleichtert ist. Es ist darum bis zu einem gewissen Grad verständlich, daß der erste energische Widersacher der Vertreter der Wasserdampftheorie unter den Vulkanologen ein Mann war, der den Kilauea lange mit großer Sorgfalt beobachtet hat: Lovthian Green<sup>3)</sup>. Er wies, wie Immanuel Friedländer<sup>4)</sup> hervorhebt, auf die anscheinend geringe Rolle hin, die Wasserdampf und andere Gase bei den Hawaiischen Vulkanen spielen, und sprach die Vermutung aus, daß das Wasser ausschließlich atmosphärischen Ursprungs sein könnte.

Aber Greens Stimme verhallte ungehört, und die Ansicht, daß Wasserdampf nicht nur in großen Mengen im Magma enthalten sei, sondern sogar die treibende Kraft der Vulkanbrüche darstelle, blieb die herrschende. Sagte doch Eduard Süß in seinem berühmt gewordenen Vortrag „Über heiße Quellen“<sup>5)</sup> geradezu: „Seit langem ist es anerkannt, daß bei diesen (vulkanischen) Vorgängen dem Wasserdampf die Hauptrolle zufällt“ und Hippolyt Haas<sup>6)</sup> meint sogar: „Das Vorhandensein von Wasser resp. von den das Wasser bildenden Elementen im Magma und im Vulkanschlot ist eine unumstößliche Tatsache.“

Mit einer derartigen Auffassung, wie sie auch anderwärts vielfach hervortrat, konnte sich Alphons Stübel<sup>7)</sup> nicht befreunden. Wohl erkannte er den überaus großen Gasgehalt des Magmas als einen sehr wichtigen Faktor bei der Entstehung explosiver vulkanischer Ausbrüche an und hob die Fähigkeit plötzlichen Aufschäumens im Fall von Druckentlastung hervor; aber über die Natur der bei diesem Aufschäumen beteiligten Gase sprach sich Stübel vorsichtigerweise nicht aus, ließ es also im Zweifel, ob Wasserdampf überhaupt beteiligt sei. Außerdem war ihm der Gasgehalt nur der zweite unter den Faktoren, die Ausbrüche hervorbringen sollten; als ersten und wichtigsten betrachtete er die Phase molekularer Volumenvergrößerung des Magmas, die er im Verlauf des Erkaltingsprozesses annehmen zu dürfen glaubte, und die in der Tat, wenn sie existierte, mit einer ungeheuren Kraftäußerung verbunden sein konnte; nach Stübels Ansicht müßte das glutflüssige Magma selbst als Trägerin

<sup>1)</sup> Vestiges of the molten Globe. Part II, Honolulu 1877.

<sup>2)</sup> Zeitschrift für Vulkanologie. Bd. III, S. 9.

<sup>3)</sup> Verhandlungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, 74. Versammlung zu Karlsbad 1902. Leipzig 1903, S. 136.

<sup>4)</sup> Der Vulkan. Berlin 1903, S. 150.

<sup>5)</sup> Ein Wort über den Sitz der vulkanischen Kräfte in der Gegenwart. Leipzig 1901, S. 17.

<sup>1)</sup> Kosmos, Stuttgart und Tübingen 1845, I. S. 253 u. a.

<sup>2)</sup> Considerations on Volcanoes. London 1825, 2. Auflage 1862, deutsch von v. Klöden, Berlin 1872.

der vulkanischen Kraft angesehen werden. *Stübel* wurde durch diese Ansicht ein entschiedener Gegner der *Ed. Süß*, die in dem Auftreten der Vulkane eine Begleiterscheinung der Gebirgsbildung sieht. Ein weiterer Gegner derselben war *W. Branco (Branca)*, der in einer epochemachenden Untersuchung<sup>1)</sup> den Nachweis führte, daß — wenigstens unter bestimmten Umständen — vulkanische Explosionen für sich allein imstande sein können, die äußersten Erdkrustenteile zu durchschlagen, ohne daß tektonische Begünstigungen vorliegen müßten. Dieser Schluß wurde nicht nur durch die Beobachtungen *A. Geikies* in Großbritannien und *Bückings* in der Röhn kräftig gestützt, sondern vor allem auch durch *A. Daubrée*s höchst interessante Experimente<sup>2)</sup> über die gewaltige Durchschlagskraft hochgespannter Gase. Aber gleich *Stübel* hat auch *Branco* über die Natur der in Betracht kommenden Gase keine genaueren Angaben gemacht, so daß wir also an dieser Stelle keinen Grund haben, näher auf seine Theorie einzugehen. Andererseits hat aber *Spante Arrhenius*<sup>3)</sup> ausdrücklich dem Wasserdampf eine Hauptrolle in seiner Theorie des Vulkanismus angewiesen; er hat aber durch moderne, physikalisch-chemische Erklärungen den Mechanismus der vulkanischen Vorgänge in durchaus neuartiger Weise zu deuten versucht. Wohl geht er noch von der Anschauung aus, daß Spaltenbildung in der Erdkruste Druckentlastung und damit für das Magma die Möglichkeit des Aufsteigens schaffe, aber er weist daneben auch dem Gas-, vor allem dem Wasserdampfgehalt desselben eine wichtige Rolle zu. Gleich *Reyer*<sup>4)</sup> nimmt er an, daß das Wasser, vom Meere kommend, nur in Gasform zum Magma gelangen könne (das er in zusammenhängender Kugelschale unter der festen Erdrinde vermutet). Neu ist aber seine Begründung der Wirksamkeit des Wassers. *Arrhenius* sagt, daß Wasser bei gewöhnlicher Temperatur eine sehr schwache Säure oder Base darstelle, bei hohen Temperaturen aber zu einer starken Säure werde: bei 300° ist es schon 80, bei 2000 etwa 300 Mal stärker als Kieselsäure. Wenn also Wasserdampf zu zähflüssigem Magma hinzutritt, so treibt es die Kieselsäure unter Schaffung freier Basen aus und macht das Magma leichtflüssiger; die freien Basen aber gehen durch Beimischung unveränderten Magmas in saure und basische Silikate über. Neues Wasser tritt hinzu und die vorher erwähnten Vorgänge wiederholen sich. Etwas Wasser bleibt im Magma frei, hat aber wegen starker Verdünnung nur sehr niedrigen Dampf-

druck. *Arrhenius* nimmt nun an, daß Wasser so lange aufgenommen werden könne, bis der Dampfdruck gleich würde dem Druck der überlastenden Wassersäule von der Meeresoberfläche ab. Durch die Wasseraufnahme nimmt das Magma an Volumen zu; es steigt nunmehr im Schlot auf und kühlt sich dabei ab; dadurch wird das Wasser wieder eine schwächere Säure und schließlich wird es von der Kieselsäure wieder aus seinen Verbindungen ausgetrieben; es explodiert nun, sobald die wasserhaltigen Lagen unter hinreichend geringen Druck gelangen. Ein Vulkan verhielte sich demnach wie ein Geysir, sofern sein Schlot eng und darum die Abkühlung des Magmas beträchtlich ist; ist der Vulkanschlot aber weit, die Abkühlung also gering, so fehlen gewaltsame Explosionen, und es tritt nur ein ziemlich ruhiges Spratzen durch entweichenden Wasserdampf auf, wie im Lavasee des Kilauea; das Ausfließen der Lava erfolgt ruhig. Veraltet ist an dieser Theorie nicht nur die Annahme von Spalten als Wasserwegen zur Tiefe, sondern auch die einer Abhängigkeit der vulkanischen Tätigkeit von zudringendem Meerwasser, denn wie schon *A. v. Humboldt*<sup>1)</sup> angedeutet hat, könnte eindringendes süßes Meteorwasser dieselben Dienste tun, wie Meerwasser. Im Gegensatz zu *Arrhenius* nehmen andere an, daß der Gas- (und damit direkt oder indirekt auch der Wasser-) Gehalt des Magmas ein ursprünglicher Bestandteil desselben sei, so *G. Tschermak*<sup>2)</sup>, *Ed. Süß*<sup>3)</sup>, *C. Döller*<sup>4)</sup> oder *R. T. Hill*<sup>5)</sup>, während wieder andere den in vulkanischen Ausbrüchen zu Tage tretenden Wasserdampf aus der Gebirgsfeuchtigkeit der vom Magma berührten und dadurch erhitzten Gesteinsmassen der äußeren Erdkruste (also im letzten Grunde wieder aus altem, vadosen Wasser) herleiten möchten, so *I. C. Russel*<sup>6)</sup> oder *Elihu Thompson*<sup>7)</sup>. *H. J. Johnston-Lavis* dagegen nahm eine vermittelnde Stellung ein<sup>8)</sup>: er meinte, daß im Magma von der Urzeit her wohl nur wenig Gasgehalt aufgespeichert wäre, daß dasselbe aber beim Aufsteigen zur Erdoberfläche im Lauf langer Zeiträume von den wasserhaltigen Gesteinen der Erdkruste sehr viel Wasserdampf aufgenommen habe.

Ganz neue Wege ging *Armand Gautier*, der zwar die Ansaugung von CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub> wenigstens zum Teil als kontinuierliches geologisches Phänomen<sup>9)</sup>, als Entgasungsvorgang, auffaßt, im

<sup>1)</sup> Kosmos I, S. 253.

<sup>2)</sup> Über den Vulkanismus als kosmische Erscheinung. Sitzungsberichte d. k. Ak. d. Wiss., Math.-nat. Kl. Bd. 75, Wien 1877, S. 153 u. 163.

<sup>3)</sup> A. a. O. und Antlitz der Erde, III, 2 S. 663.

<sup>4)</sup> Zur Physik des Vulkanismus. Sitzungsberichte d. k. Ak. d. Wiss., Math.-nat. Kl. Bd. 102, Wien 1903, S. 681 ff.

<sup>5)</sup> Bull. Geol. Soc. of America, XVI, 1905, S. 243 ff.

<sup>6)</sup> Volcanos of Northamerica. New York 1897. Kap. 7 Theoretical.

<sup>7)</sup> Science XXIV, 1906, 16. Aug. S. 161 ff.

<sup>8)</sup> Geol. Magazine. New Series, Dec. V. Vol. VI, S. 433—442.

<sup>9)</sup> Comptes rendus de l'Acad. Sciences Paris 142, S. 1382.

<sup>1)</sup> Schwabens 125 Vulkanembryonen (Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde). Stuttgart 1894.

<sup>2)</sup> Recherches expérimentales sur le rôle possible des gaz à hautes températures (Bull. Soc. géol. de France 1891, S. 313 ff.).

<sup>3)</sup> Zur Physik des Vulkanismus. Geologiska Föreningens in Stockholm Föreläsningar, Bd. 22, S. 395 ff. Stockholm 1900.

<sup>4)</sup> Theoretische Geologie. Wien 1888.

übrigen aber auf Grund wichtiger Experimente<sup>1)</sup> die vulkanischen Gase, einschließlich des Wasserdampfes, aus alten Gesteinen herleiten wollte, die durch mechanische Wärmeerzeugung (infolge innerer Einstürze) oder durch Zutritt glutflüssigen Magmas (infolge seitlicher Pressung) erhitzt worden wären<sup>2)</sup>. *Gautier* hatte festgestellt, daß bei 100° Mineralsäuren, bei 300° auch reines Wasser aus Granit und anderen Eruptivgesteinen erhebliche Mengen von Gasen, darunter auch viel Wasserstoff, freimachen. Beim Erhitzen zur Rotglut im luftleeren Raum gaben 1000 g Granit, pulverisiert und bei 250—300° getrocknet, im Durchschnitt 3162 ccm Wasserstoff und mäßige bis geringe Mengen von CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, N und H<sub>2</sub>S; ähnliche Ergebnisse wurden beim Erhitzen von Porphyr, Ophit und Lherzolit gewonnen. Außer diesen Gasen wurde bei Erhitzen von Eruptivgesteinen auf 500—600° auch das Konstitutionswasser frei und bei 1000° gab 1 l Granit etwa 20 l verschiedene Gase und 89 l Wasserdampf ab; erstere Gase waren den Fumarolenprodukten sehr ähnlich, die *Fouqué* von Santorin 1866 und *Moissan* vom Mont Pelé 1902<sup>3)</sup> untersucht hatten. Nach *Gautier* ist der in den vulkanischen Gasen enthaltene Wasserdampf als das frei werdende Konstitutionswasser fremder Gesteine aufzufassen: das Magma würde höchstens die Rolle eines Heizmittels spielen, soweit nicht mechanische Wärmeentwicklung dafür einträte.

Während eine weitverbreitete Meinung das Magma, *Gautier* dagegen alle Gesteine als Mutter der vulkanischen Gase ansah, hält *Albert Brun*<sup>4)</sup> dafür junge Eruptivgesteine, die bei Erhitzung ihre Gase von sich geben. Er kam auf Grund zahlreicher Laboratoriumsversuche zu der Überzeugung, daß Wasserdampf unter den vulkanischen Gasen überhaupt fehle. Die ersten Zweifel an der Rolle des Wasserdampfes im Rahmen der vulkanischen Erscheinungen waren *Brun* gekommen, als er zusammen mit *A. Jaquerod* Obsidian von Lipari im luftleeren Raum erhitzte und feststellte, daß das Gas, das Obsidian zu Bimstein aufblähte, nicht Wasserdampf, sondern in der Hauptsache Salzsäure war. Indem er nun annahm, daß die Gase, die bei Erhitzung junger Eruptivgesteine entweichen, mit denjenigen übereinstimmen, die bei vulkanischen Paroxysmen ausgehaucht werden, und daß auch die Temperaturen in beiden Fällen die gleichen seien, glaubt er nicht nur die Explosionstemperaturen, sondern auch die Gase vulkanischer Ausbrüche im Laboratorium nachträglich feststellen zu können. Daß die hierbei ge-

fundenen Gase stark von denen verschieden sind, die man am Mont Pelé und auf Santorin gefunden hatte, und auch nicht vereinbar sind mit den Erfahrungen *F. A. Perrels*<sup>5)</sup>, der die vulkanischen Paroxysmalaushauchungen für atembar erklärte, störte *Brun* nicht. Unter den im Laboratorium freigemachten vulkanischen Gasen fand sich Wasserdampf nicht, aber *Brun* prüfte auch in der Natur an zahlreichen tätigen Vulkanen nach, ob seine Ansicht vom Fehlen des Wasserdampfes in den Ausbrüchen begründet sei: Am Vesuv stellte er im April 1906 fest, daß am Kraterand keine feuchten Fumarolen vorhanden waren und daß die Aschen in der Nähe völlig trocken fielen; den bei Resina gefallenen Schlammregen erklärte er als örtliche Erscheinung, hervorgerufen durch Abschirmung der Sonnenstrahlen. Die frisch gefallene Asche war weiß und nicht oxydiert (während Wasserdampf die Ferroverbindungen hätte in dunkle Ferriverbindungen überführen müssen); die Chlorverbindungen der Aschen waren unzerstört und trocken. Am Kilauea (Hawaii) stellte er fest, daß die Dämpfe des Lavasees feuchtigkeitsärmer waren als die freie Atmosphäre; sein Schatten, von der Sonne auf die Dämpfe geworfen, wies keinen farbigen Ring auf, wie bei den feuchten Fumarolendämpfen der Nachbarschaft. Auf Java fand er am Bromo, daß die aschenfördernden Auswürfe nicht genug Wasserdampf enthielten, um die relative Feuchtigkeit der Gase im Innern der Auswurfsmassen erkennbar zu erhöhen; am Semeroe stellte er fest, daß am tätigen Mundloch keinerlei Kondensation von Wasser stattfand und die Aschen trocken fielen. — Untersuchungen auf den kanarischen Inseln (Pico de Teyde und Timanfaya) gaben ihm die Überzeugung, daß das Wasser der Vulkane nur ein „Epiphänomen“ sei: das Gegenteil der bisherigen Annahmen!

Die Frage ist aber, ob man die Schlußfolgerungen *Brun*s als richtig anerkennen darf, wie es *K. Schneider*<sup>6)</sup> tut und *F. v. Wolff*<sup>7)</sup> zu tun geneigt war. *W. Prinz*<sup>8)</sup> hat freilich angesichts der Vesuvausbrüche von 1906 die Wahrscheinlichkeit starken Wasserdampfgehalts energisch bestritten, aber im Hinblick derselben Erscheinungen hat *O. Jaekel*<sup>9)</sup> geradezu die Wasserdampfexplosion als die wesentlichste Kraftäußerung tätiger Vulkane erklärt. Und während *A. Lacroix*<sup>10)</sup> in den Glutwolken des Mont Pelé viel Wasserdampf vermutete, konnte ich am gleichen Vulkan gelegentlich des Ausbruchs vom 26. März 1903 keinerlei klare Anzeichen davon bemerken.

<sup>1)</sup> Americ. Journal of Science. XXXIV, S. 146.

<sup>2)</sup> Die vulkanischen Erscheinungen der Erde. Berlin 1911. S. 39.

<sup>3)</sup> Der Vulkanismus I. Stuttgart 1913. S. 86 ff. Später (S. 567 u. 700) änderte er freilich seine Ansicht.

<sup>4)</sup> L'éruption du Vésuve d'avril 1906. „Ciel et terre“, Bruxelles 1906.

<sup>5)</sup> Bilder von der letzten Eruption des Vesuv. Naturwiss. Wochenschr. 1906.

<sup>6)</sup> La Montagne Pelée et éruptions. Paris 1905. S. 200, 647.

<sup>1)</sup> Ebenda 131, S. 647. 965, 1276. 132, S. 58. 189. 740, 932, 136, S. 16 u. a.

<sup>2)</sup> Théorie des Volcans. Bull. Soc. Belge de Géologie XVII. 1903, S. 555 ff.

<sup>3)</sup> Comptes rendus Ac. Science 132, S. 60.

<sup>4)</sup> Zahlreiche Aufsätze in den Archives des Sciences physiques et naturelles, Genève 1901—1910; Zusammenfassung in: Recherches sur l'exhalaison volcanique, Genève et Paris 1911.

*Julius Stoclasa*<sup>1)</sup> leugnet zwar das Vorkommen von Wasserdampf nicht, glaubt aber, daß er nebst CO<sub>2</sub> durch Verbrennung von Kohlenwasserstoffen des Magmas entstehe.

*A. Brun*, der die so oft für Wasserdampf gehaltenen weißen Ausbruchswolken für Chlorid-dämpfe erklärt, konnte in vielen Fällen ihr Nichtauflösen in der Luft feststellen, und am Semeroe auf Java konnte ich, 1908, kurze Zeit nach seiner Anwesenheit die Richtigkeit dieser Beobachtung bestätigen<sup>2)</sup>. Während der Tätigkeit des Santa Maria in Guatemala 1902 hatte ich dagegen neben zahlreichen Aschenausbrüchen, die dem Auge keine erkennbare Spur von Wasserdampf zeigten, eine größere Zahl von zweifellosen, ebenfalls plötzlich zu mehreren Kilometern Höhe aufsteigenden Wasserdampfausbrüchen beobachtet<sup>3)</sup>, deren prachtvolle, glänzend weiße Wolkenmassen sich nachher spurlos in der Luft auflösten; allmählich wurden diese Dampfausbrüche immer häufiger; ob es sich dabei um explosive Entfernung zugeströmten atmosphärischen Wassers handelte, weiß ich nicht; die erste große Haupteruption war ein Aschenausbruch gewesen.

Die Beispiele zeigen, daß der Augenschein meist keine sichere Auskunft über die Anwesenheit von Wasserdampf in Ausbruchswolken geben kann. Untersuchungen von *E. Lottermoser*<sup>4)</sup> über den Regenfall Guatemalas zeigten, daß die Tätigkeit des Santa Maria jedenfalls den Regenfall dieser Gebiete nicht in erkennbarer Weise beeinflusst hat, während *K. Wegener*<sup>5)</sup> auf theoretischem Wege für den Matavanu auf Hawaii zu gleichem Ergebnis kam.

Um die Frage nach dem Vorhandensein von Wasserdampf im Magma zu lösen, müssen exakte Untersuchungen vorgenommen werden. Die erste Möglichkeit einer solchen bot *F. A. Perret*<sup>6)</sup>, der im Juli 1911 aus dem Lavawirbel „Old Faithful“ des Kilauea-Lavasees eine Lavaprobe entnahm. *A. Brun*<sup>7)</sup> untersuchte eine Probe davon aufs sorgfältigste und fand, daß diese Lava nicht völlig oxydiert war; die darin enthaltenen Substanzen würden bei der hohen Temperatur der Lava in Kontakt mit der Luft brennen und CO sowie Wasser von außermagmatischem Ursprung bilden. *Brun* kommt zu dem Schluß, daß das Kilaueamagma, abgesehen von etwaigen Enklaven, wasserfrei sei. Einen sehr energischen Vorstoß gegen *Brun*s Anschauungen unternahm die amerikanischen Forscher *A. L. Day* und *E. S. Shepherd*<sup>8)</sup>, die im Jahre 1912 am Ki-

lauea ihre Studien trieben. Es gelang ihnen festzustellen, daß die weiße Wolke über dem Lavasee aus unverbranntem feinverteilten Schwefel besteht, nicht aus Chloriden, wie *Brun* glaubte; zudem zeigten sie, daß *Brun*s hygrometrische Messungen der Beweiskraft entbehren, weil sie in einer Atmosphäre vorgenommen wurden, die trocknende Substanzen (SO<sub>2</sub> und SO<sub>3</sub>) enthält. Schließlich haben sie am 12. Mai 1912 aus einem jungen Spratzkegel, unfern des Lavasees, Gase auffangen können, die vorher nicht mit Luft in Berührung gekommen sein konnten: sie enthielten Wasser in ansehnlicher, wenn auch quantitativ nicht bestimmter Menge; dieses Wasser glaubten die beiden Forscher mit großer Wahrscheinlichkeit als einen ursprünglichen Bestandteil des Magmas ansehen zu dürfen. *F. v. Wolff*<sup>1)</sup> bemerkt dazu, daß die gleichzeitige Anwesenheit von H<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> zu Wasserbildung führen müsse:  $H_2 + CO_2 \rightleftharpoons CO + H_2O$ , und daß die aufgefangenen Gase noch nicht im Zustand des Gleichgewichts waren.

*A. Brun* selbst hat erst nach längerer Pause, die er zur Anstellung wichtiger Untersuchungen verwendete, zu den Ergebnissen der *Day-Shepherd*schen Forschungen Stellung genommen<sup>2)</sup>. Zunächst stellt er vom theoretischen Standpunkt aus die Ansicht auf, daß das geologische Verhalten gegen die wässerige Theorie wäre, da Wasser das Magma oxydieren müßte, während der Naturbefund dagegen spreche. Dann studierte er experimentell das Verhalten zwischen Wasser und Silikaten (besonders eisenhaltigen): er erhitze Lava zu bestimmter Temperatur, führte Wasserdampf von bekanntem Druck zu und sammelte die Produkte der Reaktion. Er fand dadurch, daß Wasser nicht ohne Einwirkung auf ein Magma sein könnte, wenn es darin vorhanden wäre: etwaige Ferrosalze würden in Ferrisalze übergeführt (Hämatit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Spinell Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>); auch Enklaven könnten eine ähnliche Rolle spielen. Viele Versuche mit Obsidians zeigten Oxydation und damit Dunkelfärbung durch Wasser; da aber die Bimssteine in der Natur hell sind, so verraten sie also nach *Brun* das Fehlen einer Wassereinwirkung. Er bleibt also dabei, daß das Eruptivphänomen wasserfrei sei.

Da *Day* und *Shepherd* eine Einwirkung des Wassers auf Lava und basische Laven bei 1100° leugnen, so zweifelt *Brun* an der Genauigkeit ihrer Arbeiten und hebt hervor, daß rote Schlacken durch postvulkanische Wirkung heißen, sauren Wassers entstünden bei Temperaturen, bei denen das Eisen sich nicht verflüchtigen könne.

Während *Day* und *Shepherd* das von der Kilauealava gewonnene Wasser für magmatisch erklären (umsomehr, als unter den Gasen Argon fehlt), macht *Brun* geltend, daß Wasserdampf und Wasserstoff entstehen könnten entweder durch Einwirkung

1) Chemiker-Zeitung 1906. 30. Nr. 61.

2) Centralblatt für Min., Geol. u. Pal. 1909, S. 614.

3) In den Vulkangebieten Mittelamerikas und Westindiens. Stuttgart 1905, S. 105 f.

4) Die Regenverhältnisse Mittelamerikas. Diss. Tübingen 1911, S. 44. Anmerkung.

5) *Gerlands* Beiträge zur Geophysik. XI. Kl. Mitt. S. 139.

6) Am. Journ. of Science. XXVI, S. 475.

7) Ebenda 484 ff.

8) Water and volcanic activity. Bull. Geol. Soc. of America. 1913. S. 573—606.

1) A. a. O., S. 700.

2) Action de la vapeur d'eau à haute température sur les roches éruptives. (Archives Sc. physiques Genève Mai 1916, S. 401—418.)