Die vulcanischen Kleinen Antillen und die Ausbrüche der Jahre 1902 und 1903.

Von

Karl Sapper in Tübingen.

Mit Taf. I—XIII und 9 Textfiguren.

Die schön geschwungene Inselkette der Kleinen Antillen hat für sich und in ihrem Zusammenhang mit der Doppelreihe der Grossen Antillen seit langer Zeit die Aufmerksamkeit der Naturforscher erweckt. Am Anfang des 19. Jahrhunderts theilte A. v. Humboldt[1] einen Brief von Mr. Cortès (aus Martinique) mit, in welchem derselbe die Antillen in vier Gruppen theilte und dabei die vulcanische Innenreihe der Kleinen Antillen als besondere Gruppe abschied. L. v. Buch[2] hat später die vulcanische Innenreihe der Kleinen Antillen in Gegensatz zu den nicht (oder nur zum kleinen Theil) vulcanischen östlichen Eilanden dieser Inselgruppe gebracht und P. T. Cleve[3] hat im Antillengebiet zwei Haupthebungslinien unterschieden: eine vormiocäne westöstlich gerichtete (Grosse Antillen) und eine nachmiocäne von NW. nach SO. gerichtete (Kleine Antillen, bei denen wieder die vulcanische Innenreihe von den äusseren Inseln abgeschieden wird). E. Suess[4] hat als erster auf den bogenförmigen Zusammenhang der „gebirgigen Mittelzone“ der Kleinen und Grossen Antillen hingewiesen und

---

[1] Journal de physique, de chimie etc. **70**. 1810. p. 129.

[2] Physikalische Beschreibung der Canarischen Inseln. Berlin 1825. p. 400 ff.

[3] On the Geology of the Northeastern West India Islands. K. Svenska Vetenskaps Akad. Handl. **9**. No. 12. Stockholm 1871. p. 48.

[4] Antlitz der Erde. I. Leipzig 1885 (franz. Ausg. Paris 1897).

nun davon die vulcanische Innenzone und die jungsedimentäre Aussenzone, auf die übrigens schon Cleve aufmerksam gemacht hat, abgetrennt. G. A. F. Molengraaff[1] unterscheidet ältere und jüngere Inseln, zu welch' letzteren die vulcanische Innenreihe gerechnet wird, lässt aber Trinidad und Tobago, als zu Südamerika gehörig, sowie die recenten Korallenbildungen ausser Betracht. Bemerkenswerth erscheint sein Hinweis auf die grosse geologische Ähnlichkeit zwischen S. Martin und S. Barts[2] einerseits und den Virginischen Inseln andererseits. Im Hinblick darauf nimmt Molengraaff eine einheitliche vortertiäre Hebungslinie von Cuba bis St. Barthélemy an. In jüngster Zeit hat sich namentlich J. W. Spencer[3] sehr eingehend mit der Geologie der Kleinen Antillen beschäftigt. Er hat zwar bisher nicht den Versuch gemacht, eine systematische Eintheilung derselben zu geben, weist jedoch auf das Vorhandensein einer ausgedehnten Bank hin, die der Innenreihe vorgelagert ist (Saba-Bank), und erklärt dieselbe als submarines (allerdings nun durch Korallenbauten überwuchertes) Tafelland, den einzigen Überrest ehemaliger Küstenebenen der caraibischen Seite, damit also ein Homologon zu den jungen flachen Inseln im Norden (Anguilla, Tintamarre u. s. f.). Über den Bau der einsamen Aves-Insel und ihre Beziehungen zu den Kleinen Antillen giebt Spencer keinerlei Auskunft. Die Aufnahmen Spencer's haben zweifellos unsere Kenntniss der Kleinen Antillen in hohem Grade gefördert; jedoch haben seine Schlussfolgerungen vielfach lebhaften Widerspruch[4] er-

[1] De geologie van het eiland St. Eustatius. Leiden 1886. p. 59 ff.

[2] S. Barts ist die ortsübliche Abkürzung für St. Barthélemy (S. Bartholomew).

[3] Reconstruction of the Antillean Continent. Bull. Geol. Soc. Amer. **6**. 1894. p. 103—146. — Resemblances between the Declivities of High Plateaus and those of submarine antillean valleys. Trans. Canad. Institute. Toronto. **5**. 1898. p. 358—368. — On the geological and physical developement of Antigua (Quart. Journ. geol. Soc. London. **57**. 1901. p. 490—505); Guadeloupe (ibid. p. 506—519); Anguilla etc. (ibid. p. 520—533); St. Christopher Chain and Saba Banks (ibid. p. 534—543); Dominica (**58**. 1902. p. 341—353); Barbados (ibid. p. 354—365). — The Windward Islands of the West Indies. Trans. Canad. Inst. **7**. 1901. p. 351—370.

[4] Vergl. die Discussion in Quart. Journ. Geol. Soc. 1901. p. 543 f. und 1902. p. 365 f., sowie Harrison and Jukes-Browne in Geol. Mag. London 1902. **9**. p. 550—554.

fahren, und es tritt überall klar zu Tage, dass zu einer befriedigenden geologischen Kenntniss dieses Gebiets noch sehr viel fehlt.

Die Katastrophen des Jahres 1902 auf S. Vincent und Martinique haben die Kleinen Antillen für einige Zeit in den Vordergrund des Interesses gerückt und eine Reihe von Geologen und anderen Reisenden mit wissenschaftlichen Interessen angelockt. Die Mehrzahl derselben hat ihr Augenmerk ganz auf die vulcanischen Ereignisse und deren Folgen concentrirt, einige wenige haben aber auch die nicht unmittelbar betroffenen Gebiete der Kleinen Antillen in den Kreis ihrer Beobachtungen hereingezogen und unsere Kenntniss um manche neue Wahrheit bereichert.

Leider sind noch bei weitem nicht alle Arbeiten erschienen, die über die Resultate der an den thätigen Vulcanen und den übrigen Inseln der Kleinen Antillen gemachten Untersuchungen berichten sollen, so dass ein abschliessendes Urtheil über Art und Bedeutung der jüngsten vulcanischen Ereignisse ebensowenig möglich ist, wie über den geologischen Bau der Kleinen Antillen im Allgemeinen. Unter solchen Umständen erscheint es mir angezeigt, von den vulcanischen Ereignissen der Jahre 1902 und 1903 nur das Eigenartige und Allgemeine herauszugreifen, aber auf Schilderung der Einzelvorgänge zu verzichten, da dieselben ja durch Berichte der verschiedensten Zeitschriften und Tageszeitungen noch in lebendiger Erinnerung sind. Ebenso sollen von dem Bau der vulcanischen Kleinen Antillen nur die wichtigsten allgemeinen Züge hervorgehoben werden, während ich bezüglich aller Einzelheiten auf meine im Centralbl. f. Min. etc. 1903 erschienenen Reiseberichte und die übrige Specialliteratur verweise.

1. Die vulcanischen Geschehnisse der Jahre 1902 und 1903.

Obgleich an dieser Stelle nur auf die Besonderheiten der vulcanischen Eruptionen von Martinique und S. Vincent eingegangen werden soll, so mag doch in wenigen Worten der Gang der Ereignisse der Vollständigkeit wegen vorher skizzirt sein:

Schon im Februar und März 1901 waren auf S. Vincent die Erdbeben häufiger und heftiger geworden als gewöhnlich,

so dass Befürchtungen wegen des Zustandes der Soufrière wach wurden und die im Norden der Insel wohnhaften Caraiben um andere, sicherere Wohnsitze petitionirten. Erdbeben und unterirdisches Getöse folgten sich in längeren oder kürzeren Pausen und nahmen in der zweiten Hälfte des April 1902 an Zahl und Intensität immer mehr zu. Am 6. Mai begann der eigentliche Ausbruch der Soufrière; in wechselnden Pausen erfolgten mächtige Dampfexplosionen; am 7. Mai war die Eruption continuirlich geworden; kurz nach Mittag stürzten heisse Wassermassen in den Thalschluchten des Wallibu River und des Rabaca Dry River herab; um 1 Uhr begann auf der Ostseite des Berges grober Sand zu fallen und um 2 Uhr trat die Katastrophe ein, die etwa 1600 Menschen das Leben kostete.

Während auf S. Vincent die Erdbeben schon frühzeitige Warnung gegeben hatten, verhielt sich die Montagne Pelée lange Zeit ruhig. Wohl soll sich schon im Mai 1901 nahe dem Gipfel eine Fumarole eingestellt haben, die vorher nicht vorhanden gewesen sein soll[1]; aber derartige Vorkommnisse sind an zeitlich ruhenden Vulcanen so häufig, dass sie keinerlei Besorgnisse zu erwecken brauchen und nicht als Anzeichen baldigen Ausbruchs angesehen werden dürfen. Am 23. April 1902 wurden leichte Erdstösse in S. Pierre verspürt, am 25. desselben Monats bemerkte man zum ersten Male eine starke Rauchwolke des Vulcans, am 2. Mai wurden die Aschenausbrüche stärker und häufiger, am folgenden Tag kam ein Schlammstrom das Thal der Rivière Blanche herab, am 5. Mai vernichtete ein auf gleichem Wege niedergehender grosser Schlammstrom die Usine Guérin und die ersten Menschenleben; die Intensität der Ausbrüche und der Aschenfälle steigerte sich immer mehr, und am Himmelfahrtstage, den 8. Mai, kurz vor 8 Uhr Morgens, ereignete sich die grosse Katastrophe, die S. Pierre mit etwa 30 000 Einwohnern vernichtete. Also auch hier war der Höhepunkt der Eruption sehr rasch erreicht worden, wenn auch langsamer, als auf S. Vincent.

Am 18. Mai hatte die Soufrière einen neuen schweren

---

[1] Nach mündlicher Mittheilung des Herrn Dr. Doflein war übrigens eine Fumarole dort bereits im Jahre 1898 zu beobachten.

Ausbruch, die Montagne Pelée am 19. und 20. Mai. Bei letzterem Ausbruch wurde vieles zerstört, was in S. Pierre noch stehen geblieben war (z. B. die Thürme der Kathedrale), und die braven Gensdarmen, welche die todte Stadt bewachten, wurden ein Opfer ihrer Pflichttreue. Mässige Ausbrüche des Mont Pelé erfolgten am 25. Mai, 6. Juni, 9. Juli, 13. Juli, 25. und 28. August, während am 30. August wieder ein grosser Ausbruch stattfand, dem in Morne Rouge und benachbarten Ortschaften wieder mehr als 1000 Personen zum Opfer fielen. Am 3. September hatte der Mont Pelé einen mässigen, die

Fig. 1. Strasse in S. Pierre vor dem Ausbruch vom 19. Mai, der die Thürme der Kathedrale zu Fall brachte. Aufnahme von W. H. Fenton.

Soufrière aber wieder einen grossen Ausbruch. Letzterer Vulcan zeigte nach mässigen Ausbrüchen am 17. und 21. September wieder am 15./16. October 1902 eine bedeutende Eruption, versank aber dann in Ruhe, aus der er erst am 22. Januar 1903 wieder erwachte, um nun in rasch sich häufenden und steigernden Ausbrüchen wieder zu einer grossen Eruption (21.—30. März 1903, Höhepunkt 22. März) zu gelangen. Der Mont Pelé, seit der Katastrophe von Morne Rouge mit Pausen von wechselnder Länge unermüdlich thätig, hat am 25. Januar und 26. März 1903 wieder mässige Ausbrüche gehabt und am 12. und 16. September 1903 einen neuen Höhepunkt seiner

Thätigkeit erreicht, der an Intensität kaum hinter dem Ausbruch vom 8. Mai 1902 zurückstand.

Dies in dürren Worten die thatsächliche Aufeinanderfolge der wichtigsten Ereignisse. Wir werden darauf nicht näher eingehen, sondern uns im Folgenden nur etwas eingehender mit den Besonderheiten einzelner vulcanischer Vorgänge befassen, Besonderheiten, die bei diesen Ausbrüchen entweder zum ersten Mal mit Sicherheit beobachtet oder wenigstens zum ersten Mal genauer studirt worden sind. Dazu gehören die absteigenden Eruptionswolken, die merkwürdigen Staugebilde im Innern des Pelé-Kraters und einzelne secundäre Begleiterscheinungen vulcanischer Ausbrüche.

a) Die absteigenden Eruptionswolken.

Der Beginn der vulcanischen Thätigkeit zeigte weder auf Martinique noch auf S. Vincent irgendwelche Erscheinungen, die nicht auch von anderen Vulcanausbrüchen her bekannt gewesen wären: Erdbeben (freilich auf Martinique auffallend spärlich und leicht), Dampfentwickelung, Ausstossen von Aschenmassen und gröberen Auswürflingen nach oben, unter gewaltigen Detonationen und heftigen elektrischen Entladungen, schliesslich Verbreitung der Ausbruchsproducte durch die gerade herrschenden Winde. Auch die Schlammströme Martiniques und die heissen Wasserfluthen S. Vincents, ferner die Neubildung von Spalten, Fumarolen[1] und kleinen Schlammvulcanen[2] (am Mont Pelé), Änderung der Flusstemperaturen u. dergl. mehr, waren keine aussergewöhnlichen Vorkommnisse. Durchaus ungewöhnlich waren dagegen bei der ersten Haupteruption der Soufrière[3] (7. Mai 1902) und bei allen grösseren Ausbrüchen der Montagne Pelée hochtemperirte Eruptionswolken, die nicht hoch in die Lüfte aufstiegen, sondern ihrer Schwere gehorchend auf der geneigten Unterlage des Berges mit grosser Geschwindigkeit abwärts rollten und

---

[1] Compt. rend. Acad. Sciences. **135.** (Sitzung 1. und 8. September.) p. 3 des Separatabdrucks von Lacroix, de l'Isle und Giraud.

[2] ibid. p. 8.

[3] Ob bei der Eruption vom 18. Mai 1902 ebenfalls die fragliche Erscheinung sich zeigte, ist nicht sicher. (Philos. Trans. Roy. Soc. London. Ser. A. **200.** p. 420.)

die ungeheuren Zerstörungen bewirkten, welche die an sich gar nicht sehr bedeutenden Ausbrüche der beiden Antillenvulcane so verhängnissvoll und berühmt gemacht haben.

Am sorgfältigsten sind diese denkwürdigen absteigenden Gluthwolken von Alfred Lacroix und den übrigen Mitgliedern der französischen wissenschaftlichen Commission, sowie von T. Anderson und J. S. Flett, den beiden Mitgliedern der englischen wissenschaftlichen Commission, beobachtet und nach ihren Wirkungen und Eigenheiten studirt worden, so dass jeder, der sich über dies Phänomen Klarheit verschaffen will, in erster Linie auf ihre Mittheilungen zurückgreifen muss. In einigen Zügen werden allerdings die Beobachtungen anderer Geologen das Bild noch ergänzen, das man sich aus den französischen und englischen Publicationen[1] construiren kann.

Die absteigenden Wolken, die Anderson und Flett great black clouds, Lacroix aber nuées ardentes nennen, sind in allen Fällen aus dem Hauptkrater des Vulcans (Étang sec des Mont Pelé, Old Crater der Soufrière) hervorgekommen, wonach anders lautende Angaben zu berichtigen sind. In der ersten Zeit der Eruptionsthätigkeit konnte nur festgestellt werden, dass diese Gluthwolken vom Krater ausgingen, späterhin aber, nachdem der Krater des Mont Pelé grossentheils durch den neugebildeten Staukegel ausgefüllt worden war, konnten Lacroix und andere Beobachter feststellen, dass die absteigenden Wolken aus jener Gegend des Staukegels des Étang sec hervorbrachen, wo der gewaltige Felszahn aus dem Staukegel

[1] T. Anderson und J. S. Flett, Preliminary Report on the recent eruption of the Soufrière in St. Vincent and of a visit to Mont Pelée, in Martinique. (Proc. Roy. Soc. **70**. p. 423—445.) — Dieselben, Report on the eruptions of the Soufrière, in St. Vincent, in 1902, and on a visit to Montagne Pelée, in Martinique. Part I. (Philos. Trans. Roy. Soc. London. Ser. A. **200**. p. 353—553.) — A. Lacroix, Rollet de l'Isle et Giraud, Sur l'éruption de la Martinique. (Compt. rend. Acad. Sciences. **135**. 1. und 8. September 1902.) — A. Lacroix, Les éruptions de nuages denses de la Montagne Pelée. (Ibid. Sitzung vom 26. Januar 1903.) — Der endgültige Bericht Lacroix' ist noch nicht erschienen, jedoch erlaubt ein im Juni und Juli 1903 gehaltener (und gedruckter) Vortrag dieses Forschers (L'éruption de la Martinique) schon jetzt einen Einblick in seine Ergebnisse. Im Folgenden ist mit Citaten, wo nichts Besonderes bemerkt ist, bei Lacroix stets der genannte Vortrag, bei Anderson und Flett aber ihr Report in Philos. Trans. Roy. Soc. **200** gemeint.

aufstieg, weshalb man diese Berührungszone als Zone des geringsten Widerstandes ansehen darf. (Da am Abend des 26. März 1903 bei sonst völlig klarer Aussicht gerade jene Berührungszone durch eine leichte Wolke verhüllt gewesen war, so konnten Dr. Wegener und ich bei Beobachtung der Eruption leider den Ausgangspunkt der Gluthwolke nicht sehen.) Lacroix aber legt die Ausbruchsstelle noch genauer fest, indem er mittheilt[1], dass am südwestlichen Fuss der Felsnadel — einer Stelle, wo fast beständig glühende Blöcke sich loslösten und den Kegel hinab bis weit ins Thal der Rivière Blanche niedergingen — die Gluthwolke hervorzubrechen pflegte. Eine bleibende Ausbruchsöffnung war nicht vorhanden, vielmehr schloss sich jedesmal nach Austritt der Wolkenmasse sofort wieder das plastische Magma zusammen (ähnlich wie das auch bei den Ausbrüchen des Izalco der Fall war, dies. Jahrb. 1904. I. 56).

Der Austritt der die Gluthwolke zusammensetzenden Aschen- und Gasmassen geschah stets (so auch am 26. März 1903) unter dumpfem Getöse; gewöhnlich liess sich aber schon einige Zeit vorher mehrfach derartiges Getöse vernehmen und das Aufsteigen kleinerer Ausbruchswolken beobachten, die demgemäss als Vorzeichen für den kommenden grösseren Ausbruch gelten konnten.

Im ersten Augenblick nach dem Hervortreten ans Tageslicht zeigten sich die Gluthwolken des Pelé nach Berichten aller Augenzeugen, die sie von unten oder von der Seite her gesehen haben, als dunkle (schwarze, dunkelbraune, röthlichgraue) Massen von relativ sehr geringer Ausdehnung, aber grosser Dichte. Bei Nacht erschienen sie zuweilen glühend und die grosse Gluthwolke vom 8. Mai 1902 hat sich (nach mündlichen Mittheilungen von Mlle. Juanita Delas), von oben gesehen, auch am hellen Tag glühend gezeigt. Wenn dieselbe Wolke, von unten gesehen, schwarz aussah, so kam das nur von der raschen Erkaltung der randlichen Partikeln bei ihrer Berührung mit der atmosphärischen Luft.

Unmittelbar nach dem Erscheinen bläht sich die Gluthwolke auf und nimmt die Gestalt eines durch stetige heftige

[1] L'éruption de la Martinique. p. 21.

Wirbelbewegungen belebten, sich immer weiter ausdehnenden Blumenkohls an; zugleich tritt sie aber auch schon mit grosser Geschwindigkeit auf dem steil geneigten Gelände ihre Wanderung abwärts an[1]. In dieser Hinsicht stimmen die Angaben der beiden englischen Geologen über den Ausbruch vom 9. Juli 1902 nicht ganz mit denen Lacroix' überein, denn sie sagen[2]: „The little black cloud ball rose from the crater and rested on the lip, tumbling and seething; it lay there for a little time, then began to travel down the hill, at first slowly, then faster and faster, till it rushed down the lower slopes with a velocity which must have approached 100 miles an hour." Der Widerspruch ist aber nur scheinbar und klärt sich leicht auf, wenn man sich die veränderten topographischen Verhältnisse vergegenwärtigt: im Juli 1902 war der Centralkegel im Innern des Étang sec noch niedrig, so dass die Gluthwolke erst zum Kraterrand selbst emporsteigen musste, ehe sie, ihrem Schwergewicht folgend, nach abwärts rollen konnte; im folgenden Winter aber (jener Zeit, aus der Lacroix' Beobachtungen stammen) war dagegen der Staukegel hoch emporgestiegen, so dass die Gluthwolke sich im Moment des Austritts auf einer steilgeneigten Unterlage befand und dementsprechend sofort den Abstieg antreten musste. Freilich müsste man auch in diesem Fall zunächst eine allmähliche Beschleunigung der Geschwindigkeit erwarten, da ja alles dafür spricht, dass die absteigende Wolke nur durch ihre Schwere zu dieser Art der Bewegung gezwungen wird. Aber die gleich anfänglich einsetzende hohe Bewegungsgeschwindigkeit ist wohl wiederum durch die topographischen Verhältnisse zu erklären: wir haben gesehen, dass die Gluthwolke im Winter 1902/1903 an der Berührungszone zwischen Staukegel und Felszahn hervorzutreten pflegte: indem sie sich nun alsbald auszudehnen begann, fand sie für ihre seitliche Ausdehnung an dem gewaltigen, mehrere hundert Meter hoch aufragenden breiten Felsgebilde ein unüberwindliches Hinderniss und dieser Widerstand gab der Wolke nun eine schräge Bewegungscomponente und zugleich einen ge-

---

[1] Lacroix, a. a. O. p. 22.
[2] A. a. O. p. 506.

wissen Impuls, der die hohe Anfangsgeschwindigkeit begreiflich erscheinen lässt. Und wenn späterhin, wie wir beim Ausbruch vom 26. März 1903 beobachten konnten, die Geschwindigkeit für eine längere Strecke ungefähr gleich blieb, so ist dies wohl damit zu erklären, dass die mit der allmählichen Ausbreitung des Wolkengebildes wachsenden Reibungswiderstände (an Untergrund und Luft) sich mit der sonst auf dem steilgeneigten Gelände zu erwartenden Geschwindigkeitszunahme ungefähr compensiren dürften.

Übrigens heben sowohl Lacroix[1] als Anderson und Flett[2] hervor, dass manche Gluthwolken nicht sofort nach ihrem Erscheinen abwärts zu rollen begannen, sondern zuweilen auch etwas in die Höhe geschleudert wurden und hierauf schwer auf die Abhänge des Berges niederfielen. Leider berichtet Lacroix nicht, an welcher Stelle diese Wolken hervortraten; es scheint aber wahrscheinlich, dass sie nicht in unmittelbarer Nähe des Felszahns hervortraten und daher nicht sofort die seitliche Bewegungscomponente erhielten. Die Thatsache, dass manche Wolken sich wenigstens bis zu einer gewissen, allerdings nicht genauer präcisirten Höhe zu erheben vermochten, spricht übrigens dafür, dass diese Gebilde zwar wesentlich dichter und schwerer waren als die gewöhnlichen aufsteigenden Wolken, aber doch nicht ganz so dicht wie die normalen absteigenden Eruptionswolken, dass sie also eine Art Übergangsform zwischen beiden Extremen bildeten, eine Übergangsform, deren Wirkungs- und Verbreitungsweise auch in Bezug auf ihre Abhängigkeit von der Oberflächengestaltung der Umgebung der Ausgangsstelle eine gewisse vermittelnde Stellung einnimmt: Die aufsteigenden Wolken sind in ihrer Ausbreitung und Wirkung durch die topographische Beschaffenheit der Umgebung des Mundlochs nur insofern beeinflusst, als durch eine grössere Höhe und Weite der Kraterumwallung auch entsprechend grössere Mengen lockeren Auswurfsmaterials in den beschränkten Bereich des Kraters zurückfallen, während der Rest dem Spiel der Winde überliefert wird und weiterhin nur durch die Schwere und sonstigen

[1] A. a. O. p. 24.
[2] A. a. O. p. 506.

Eigenschaften der Einzelauswürflinge in der Verbreitung behindert ist. Dagegen ist für die absteigenden Wolken die topographische Beschaffenheit der Umgebung des Austrittspunktes ungemein bedeutungsvoll, denn für ihre Verbreitung gibt die Neigung des Geländes den Ausschlag, und eine Änderung in der Beschaffenheit des Geländes oder in der Lage des Ausbruchspunktes vermag deshalb auch den absteigenden Wolken sofort einen anderen Weg anzuweisen. War z. B. im Winter 1902/1903 der einzige Weg, den die Gluthwolken des Mont Pelé zu gehen pflegten, das Thal der Riv. Blanche gewesen, so trat daneben im Sommer 1903 auch das Prêcheur-Thal[1] als Bett für die Aschenlawinen des Berges, weil inzwischen der Centralkegel des Étang sec eine grössere Höhe erlangt hatte. Andererseits mögen im Sommer 1902, solange der Centralkegel des Étang sec klein war, vom Magma manche kleinere Gluthwolken ausgestossen worden sein, die im Innern des Kraters ihr Material wirkungslos absetzten. Dagegen konnte das Zutagetreten sehr grosser Gluthwolken natürlich niemals in seinen Wirkungen auf den Innenraum des Kraters beschränkt bleiben, da derselbe die sich mächtig ausdehnende Aschenwolke nicht zu fassen vermag und deshalb der Mehrzahl des festen Materials einen Abfluss über die niedersten Theile der Kraterumwallung gestattet, während der leichtere Rest allseitig über die Ränder der Umwallung hinausdrängt und bei dem gleichförmig nach allen Seiten hin sich hinabsenkenden Gelände auch radial nach allen Seiten sich ausbreiten muss, wie das thatsächlich bei den grossen Eruptionen des Mont Pelé 1902 und bei der Eruption der Soufrière vom 7. Mai 1902 der Fall gewesen ist. Manche Ungleichförmigkeiten in der Oberflächenbeschaffenheit des Kegelmantels des Berges mussten local die abwärtsstrebenden Aschen- und Dampfmassen an einigen Stellen concentriren, an anderen Stellen aber etwas verringern, womit sich die am Mont Pelé vielfach beobachtete zungenförmige Gestaltung des Randes der Zerstörungszone erklärt.

Wenn wir oben übrigens richtig angenommen haben, dass eine vermittelnde Form zwischen den beiden extremen Typen

[1] E. O. Hovey, Mont Pelé from May to October 1903. Science. 18. 633.

von Ausbruchswolken angenommeu werden dürfe, so ist zu erwarten, dass sich in der Natur auch unter Umständen ein allmählicher Übergang von dem einen extremen Typus in den anderen beobachten liesse, und dies scheint mir in der That der Fall gewesen zu sein bei dem Ausbruch der Soufrière vom 7. Mai 1902, denn nach mündlichen Mittheilungen von Mr. T. M. Mc Donald[1] nahm am genannten Tag kurz vor 2 Uhr trotz Zunahme der Eruptionsintensität die Höhe der Aschensäule ab, der Gipfel des Vulcans begann sich zu verhüllen und die dunkle Aschenwolke sank immer tiefer an den Hängen herab. Es scheint mir darnach, dass eine allmähliche Anderung der Beschaffenheit der Eruptionswolke eintrat und dass die immer stärkere Belastung derselben mit festem, schwerem Material zu dem veränderten Verhalten zwang.

Bei den von Lacroix im Winter 1902/1903 studirten Gluthwolken des Mont Pelé liess sich immer nur das Hervortreten eines einzigen Wolkenballens[2] ohne späteren Nachschub beobachten, weshalb auch das ganze Schauspiel vom Erscheinen der Wolke bis zu ihrem Verschwinden durch Absatz der festen Theile sich innerhalb weniger Minuten vollständig abzuspielen pflegte.

Die Bewegungsgeschwindigkeit der absteigenden Wolken übertraf in keinem der von Lacroix beobachteten Fälle $2\frac{1}{2}$ km pro Minute[3]; sie mag aber bei den grossen Gluthwolken der Hauptausbrüche erheblich grösser gewesen sein.

Die Bewegungsgeschwindigkeit war in allen Fällen in der Nähe des Meeres wesentlich geringer als am Anfang des Weges, theils infolge der abnehmenden Neigung des Geländes, theils wegen Abnahme der Masse und Hitze, theils wegen stetiger Weiterausbreitung des Gesammtgebildes, also Zunahme der Reibungswiderstände.

Dass die Masse der absteigenden Wolken ständig abnehmen

---

[1] Vergl. Centralbl. f. Min. etc. 1902. p. 256. — In den in „The Sentry“ Kingstown, 16. Mai 1902 veröffentlichten, von Anderson und Flett in ihrem Report p. 544 wiedergegebenen „Notes“ desselben trefflichen Beobachters tritt der Sachverhalt wegen der Kürze der Aufzeichnungen nicht deutlich hervor.

[2] L'éruption. p. 24.

[3] A. a. O. p. 25.

muss, zeigt schon der Anblick ihrer Bahn nach dem Ende des Schauspiels, denn das ganze durchlaufene Bett ist dann von einer weissen Aschenschicht überdeckt. Unter der Aschendecke liegen aber auch zahlreiche gröbere Auswurfsmassen und die Besichtigung der stark ausgewaschenen, also von Asche und feinem Sand grösstentheils befreiten Absätze der Gluthwolke vom 30. August 1902 zwischen Morne rouge und dem Pelé-Gehänge oberhalb Morne Calebasse hat gezeigt, dass im Allgemeinen — wenigstens bei dem genannten Ausbruch — eine recht sorgfältige Aufbereitung stattgefunden hat, und ans Ende der Wolkenbahn nur noch feine Sande und Asche zum Absatz gelangt sind. Der Aschenstrom reisst freilich gelegentlich auch gewaltige Blöcke mit sich fort und verfrachtet sie bis zum Fuss des Berges.

Sobald die Gluthwolke auf geneigter Unterlage ans Tageslicht getreten ist, beginnt sie einerseits sich auszudehnen, andererseits aber thalabwärts zu wandern. Letztere Bewegung ist schneller als die erstere, so dass man die Wolke in geringer Höhenerstreckung mit nackter, scharf gegen die Luft abgegrenzter, aber durch Wirbelbewegungen belebter Oberfläche thalabwärts fliessen sieht, während die Ausdehnung sich erst im hinteren Theil des fliessenden Aschenstroms geltend macht und die aufstrebenden Wolkentheile sich dort zu einer drohenden, immer höher aufstrebenden, in lebhaftester Wirbelbewegung begriffenen Wolkenmauer aufbaut[1]. Bei dem Ausbruch vom 26. März 1903 blieb die Oberfläche der abwärtsrollenden Aschenwolke nackt, bis etwa zur halben Höhe des Berges, wo die Geschwindigkeit bei Abnahme des Böschungswinkels sich minderte und nun die Ausdehnung mit grosser Energie einsetzte, so dass hier eine etwa 4 km hohe Wolke entstand, während die Aschenwolke über dem Krater nur 3400 m Höhe erreicht hatte. Nachdem aber einmal die Ausdehnung auf der halben Höhe des Berges am damaligen Vordertheil der Aschenlawine eingesetzt hatte, stiegen auch von den weiter rückwärts befindlichen Theilen derselben wirbelnde Dampfmassen auf, so dass sich schliesslich zwischen den beiden Hauptwolkensäulen eine niedrigere Wolkenbrücke hinzog.

[1] Abbildungen auf Taf. III, sowie bei Lacroix, a. a. O. p. 26 u. 28.

Mit Erreichung des Meeres nimmt die Geschwindigkeit der fortrollenden Wolkenmasse rasch noch mehr ab, einmal, weil nun überhaupt keine Neigung mehr vorhanden ist, und dann, weil die ins Wasser fallenden Partikelchen nicht mehr, wie vorher die am Boden aufstossenden, weiterwandern können, sondern dauernd verloren gehen und dadurch der Gesammtwolke einen Theil ihrer Masse und ihrer Hitze entziehen. Indem die Aschenwolke in ihrem unteren Theil sich verlangsamt, rückt der obere Theil über den unteren vor, so dass die Gesammtwolkenfront schliesslich überhängend erscheint[1]. Aschenwolken von geringer Masse haben übrigens vielfach das Meer gar nicht erreicht.

Sobald die Vorwärtsbewegung der Wolke und die Intensität der durch Ausdehnung der Gase und durch die Reibung hervorgerufenen Wirbelbewegung geringfügig geworden sind, wird die Wolke dem Spiel der Winde überantwortet; sie beginnt sich aufzulösen; die Wasserdampfmassen vermengen sich mit den atmosphärischen Wolken, die durch die Wirbel emporgerissenen festen Aschentheile senken sich als Aschenregen zu Boden, den die im unteren Theil der Wolke angereicherten gröberen Materialien längst erreicht haben.

Es findet im Lauf der vorwärtsschreitenden Bewegung ebenso, wie im Lauf der Ausdehnung nach oben eine gewisse Aufbereitung des festen Materials statt, denn wenn auch die Wirbelbewegung der Aufbereitung im verticalen Sinn entgegenwirkt, so kann sie doch beim Nachlassen der Intensität dieser Bewegungen das Niederfallen der schwereren Bestandtheile nicht mehr aufhalten. Die Aufbereitung in verticalem Sinn ist sogar so auffallend, dass Anderson und Flett geradezu den dichten unteren Theil der grossen schwarzen Wolke als „avalanches of dust, sand and stones“ (die schliesslich wie Gletscher[2] von schwarzem Sand in den Thälern des Wallibu und Rabaca Dry River lagen) von dem leichteren oberen Theil derselben („Hot blast“) trennen.

Die Bewegungsart der absteigenden Wolke ist die des Fliessens, wie es auch bei einem Bergsturz oder einer Lawine

[1] Gute Abbildung in Lacroix, L'éruption. p. 23.

[2] Anderson und Flett, a. a. O. p. 449; E. O. Hovey, S. Vincent and Martinique. Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 16. 343.

der Fall ist. Anderson und Flett haben den Ausdruck „Sandlawine“ für diese absteigenden Eruptionswolken eingeführt; sie geben aber zu[1], dass der Ausdruck nur z. Th. passt (Bewegung und Windschlag), denn während die Schneelawinen Gase nur zufällig enthalten, bilden dieselben einen integrirenden Bestandtheil der vulcanischen Sandlawinen, denn dieselben würden ohne den Gasgehalt auf flach geneigter Grundlage nicht fliessen. Die sich ausdehnenden Gase, welche die festen Partikelchen umgeben, halten diese vom baldigen Absatz ab und drängen sie weiter. Die Beweglichkeit der Wolken nimmt mit abnehmender Hitze ab.

Die Wolke ist ein Gemisch von festen[2] Bestandtheilen und Gasen, unter welch' letzteren überhitzter Wasserdampf weitaus die grösste Rolle spielt. Derselbe condensirt sich bei genügender Verminderung der Temperatur zu Wolken, eventuell auch Regen. Ausserdem ist das Vorkommen von H_2S und SO_2 festgestellt; diese Gase kamen aber in der Ausbruchswolke der Soufrière in wesentlich grösserer Menge vor, als in denen des Mont Pelé. Die Gegenwart anderer Gase hat man nur vermuthet; es erscheint aber sicher, dass nennenswerthe Mengen von CO_2 und CO nicht darin enthalten sind[3], ebensowenig Kohlenwasserstoffe (abgesehen von den durch Ankohlen der zerstörten Bäume entstandenen Körpern dieser Art[4]). Der in der Wolke vorhandene Sauerstoff wäre z. Th. wenigstens durch die Verbrennung holziger Substanzen ausgezogen worden[5].

Es ist bisher nicht gelungen, die in den absteigenden Wolken vorhandenen Gase in ihrer Gesammtheit direct nachzuweisen. Aber es lässt sich andererseits aus indirecten Anzeichen auch nicht entnehmen, dass irgendwelche Gase hier vorhanden gewesen wären, die bei anderen Vulcanausbrüchen fehlten. Die zerstörenden Wirkungen der ab-

---

[1] A. a. O. p. 510.

[2] Anderson und Flett neigen zur Ansicht, dass anfänglich vielleicht auch flüssige Tropfen Magma darunter sind, die beim Übergang in den starren Zustand die absorbirten Gase von sich geben. A. a. O. p. 508.

[3] Lacroix, a. a. O. p. 26.

[4] Anderson und Flett, p. 518.

[5] Anderson und Flett, p. 517.

steigenden Wolken sind also lediglich den physikalischen Eigenschaften derselben zuzuschreiben. Die gewaltige mechanische Wucht der absteigenden Wolken und des ihnen voraneilenden Windschlags ist abhängig von der Masse und der Geschwindigkeit der einzelnen Wolken; sie ist also in den verschiedenen Fällen sehr verschieden. Aber in allen Fällen ist die Wirkung wesentlich stärker als von gleichschnell bewegter Luft, da ja das die Wolke zusammensetzende Gemisch von Gasen und festen Materialien schwerer als Luft ist (jedoch leichter als Wasser[1]).

Neben den mechanischen Wirkungen haben sich aber die den absteigenden Wolken innewohnenden Hitzegrade für Organismen und organische Gebilde als höchst zerstörend erwiesen. Die Temperaturen waren bei den verschiedenen absteigenden Wolken zweifellos sehr stark verschieden, und andererseits ebenso bei ein und derselben Wolke in den verschiedenen Theilen derselben (nach Querschnitt und Längsschnitt). Für einige Wolken hat Lacroix die Temperatur an der Stelle, wo sie das Meer erreichten, innerhalb bestimmter, ziemlich nahe gerückter Grenzen (+ 200 und 231° C.) bestimmen können[2]. Viel höher aber war die Temperatur jener gewaltigen Gluthwolken, die auf Martinique und S. Vincent so beklagenswerthe Katastrophen hervorgerufen haben; jedoch ist es nicht leicht, sie innerhalb enger Grenzen zu bestimmen. Eine obere Grenze der Temperatur der Gluthwolken vom 8. Mai (Martinique) an der Stelle des Austritts aus dem Berg haben Anderson und Flett mit grossem Scharfsinn herausgefunden: Da die Asche der S. Pierre zerstörenden Wolke wohlausgebildete Plagioklas- und Hypersthenkrystalle enthielt, so muss die Wolke einem schon stark abgekühlten, geschmolzenen Magma entstammen, und musste beim Austritt bereits eine Temperatur von weniger als 1230° C. besessen haben, denn eine vollkommene Krystallformbildung während des Niedergehens der Wolke erscheint sehr unwahrscheinlich. Als obere Grenze der Temperatur, welche die Gluthwolke noch in S. Pierre besass, ist mit Lacroix, de l'Isle und Giraud[3] 1058° C. anzu-

[1] Anderson und Flett, p. 509.

[2] A. a. O. p. 27 ff.

[3] Compt. rend. Acad. Sciences, 1. und 8. September 1902, Sep.-Abdr. p. 18. — Lacroix, a. a. O. p. 37.

nehmen, da die Kupferdrähte der Telephonleitungen nicht geschmolzen sind. Als untere Grenze giebt LACROIX[1] 450° (Entzündungstemperatur von Holz) an, da S. Pierre sofort nach Passiren der Gluthwolke allerorts aufflammte. Ich glaube meinerseits[2], die untere Grenze wesentlich höher setzen zu dürfen, da der Brigadier von Gros Morne Herrn Dr. WEGENER und mir eine Flasche zeigen konnte (s. Abbild. 2), die neben anderen ihresgleichen eingekeilt auf dem Boden gestanden hatte und nebst diesen mit einem von Nord nach Süd (Richtung der Gluthwolke) abgebogenen Hals gefunden wurde. Da Flaschenglas bei 650—700° C. zu schmelzen beginnt, so muss meines Erachtens also die Gluthwolke beim Passiren von S. Pierre mindestens diese Temperatur besessen haben. Freilich wissen wir über die Dauer der Einwirkung der vorüberziehenden Gluthwolke nichts Bestimmtes; aber wenn wir annehmen, dass die Gluthwolke ähnlich wie auf S. Vincent 2—3 Minuten zum Vorüberziehen gebraucht habe, so ist die Schmelzwirkung schon verständlich.

Fig. 2. Flasche, gefunden in S. Pierre nach dem Ausbruch vom 8. Mai 1902. Aufnahme von Dr. WEGENER.

Um aber in dieser Hinsicht einige Klarheit zu bekommen, ersuchte ich Herrn Prof. Dr. PASCHEN in Tübingen, mir durch einige Schmelzversuche bessere Anhaltspunkte zu verschaffen, eine Bitte, für deren liebenswürdige Gewährung ich den herzlichsten Dank ausspreche. Es wurde im physikalischen Institut der Universität Tübingen ein aus Thüringer Hüttenglas hergestelltes Glasrohr von 23 cm äusserer Dicke und 2,9 mm Wandstärke in einen auf 920° erhitzten elektrischen Ofen gebracht, in dem es nach 1 Minute 50 Secunden so weit geschmolzen war, dass es sich unter dem Einfluss der eigenen

[1] A. a. O. p. 37.
[2] Verh. d. XIV. deutsch. Geographentags 1903. p. 19.

Schwere durchbog. Ein zweiter gleichartiger Versuch wurde mit demselben Glasrohr bei niedrigerer Temperatur vorgenommen, jedoch konnte die Temperatur nun nicht mehr genau festgestellt werden, da das Wanner'sche Pyrometer keine so niedrige Temperaturgrade zu messen gestattet; schätzungsweise darf die Temperatur zu ungefähr 800° C. angenommen werden; in 2 Minuten 30 Secunden war das Glasrohr wieder durchgebogen. Leider ist über die Beschaffenheit des fraglichen Flaschenglases von S. Pierre ebenso wenig etwas bekannt, als über die Dicke desselben, die Dauer der Einwirkung und den mechanischen Druck, den die vorüberziehende Gluthwolke ausübte. Infolge dessen hätten auch sorgfältiger angestellte Schmelzversuche keine zuverlässigen Ergebnisse fördern können. Schätzungsweise wird man die Temperatur der Gluthwolke vom 8. Mai für S. Pierre in die Nähe von 800° setzen dürfen. Damit begreift sich nun aber auch die tödtliche, erstickende Wirkung dieser Gluthwolke und man braucht zur Erklärung der zahlreichen Todesfälle weder giftige Gase noch Elektricität, noch sonstige Ursachen heranzuziehen. Eine gewisse Zahl der Todesfälle ist freilich auf secundäre Wirkungen der Ausbruchswolken zurückzuführen: Hauseinsturz, Brand, Verschüttung, niederfallende Bomben, Blitzschlag, Ertrinken im Meer[1].

b) Der Staukegel des Mont Pelé[2].

Während der Krater der Soufrière trotz mancher Veränderungen, die er im Lauf der Eruptionen erfahren hat, doch keinerlei Erscheinungen aufweist, die nicht schon längst von anderen Vulcanen her bekannt gewesen wären, hat die Montagne Pelée dagegen höchst merkwürdige und für die Kenntniss vulcanischer Erscheinungen bedeutungsvolle Gebilde hervorgebracht, die hauptsächlich von Lacroix[2] und seinen Beobachtern, von E. O. Hovey[3], sowie von Major Hodder studirt worden sind.

---

[1] Anderson und Flett, p. 523 ff.

[2] Lacroix, L'éruption de la Martinique und Einzelberichte in Comptes Rendus Ac. Sciences, besonders Mittheilung vom 14. December 1902.

[3] E. O. Hovey, The new cone of Mont Pelé. Am. Journ. of Sc. (4.) 16. October 1903. p. 269 ff.

Die ersten nennenswerthen Neubildungen im Innern des Pelé-Kraters boten freilich nichts Aussergewöhnliches: Die ersten Besucher des Berges nach den ersten leichten Ausbrüchen hatten zwei kleine Aschenkegel westlich und einen östlich vom Étang sec beobachtet[1] und am 21. Mai vermochte man vom Meer aus im Hintergrund der Schlucht der Rivière Blanche einen Centralkegel zu erkennen, dessen Eigenhöhe man auf 60—95, höchstens 160 m schätzte. Der Kegel muss nun rasch gewachsen sein, denn am 31. Mai erreichte er nach Beobachtungen von Heilprin und Varian bereits die Höhe der östlichen Kraterumwallung. Am 20. Juni 1902 hatten E. O. Hovey und George Caroll Curtis den Vulcan bestiegen und vermochten für kurze Augenblicke den neuen Kegel zu beobachten; der Kegel zeigte steile Gehänge und ausgedehnte Felsmassen, schien aber einfach ein Schuttkegel zu sein, dessen Gipfelzacken einen flachen Krater einzuschliessen schienen. Noch am 24. August 1902 hielt A. Heilprin bei einem erneuten Besuch des Kraters das Gebilde für einen Aufschüttungskegel. Aber Anfang October 1902 vermochte A. Lacroix[2] Dank wiederholter Besteigungen und sorgfältiger Untersuchung aus der Ferne festzustellen, dass der Kegel, dessen Spitze am 11. August zum ersten Mal von Morne rouge aus gesehen worden war, kein Aufschüttungskegel war, sondern ein steilwandiger Staukegel aus massivem Fels, an dessen Aufbau die Auswürflinge des Vulcans nur einen minimalen Antheil haben konnten. Die Lockermassen an der Oberfläche des Kegels waren zu allermeist lediglich abgesprengte Theile der Staumasse.

Der Staukegel füllte den ganzen Grund des alten Kraters und erhob sich Anfangs October bis zur Höhe der Kraterumwallung, von dem er durch eine ringförmige Rinne getrennt war; die Tiefe der Rinne mochte stellenweise bis zu 100 m betragen, nahm aber über Norden nach Westen zu ab, da hier der Staukegel sich an die Kraterwand anlehnte. Die Zähflüssigkeit des Magmas trägt die Schuld daran, dass nicht an Stelle des Staukegels ein Lavastrom entstand.

---

[1] „Les Colonies“, S. Pierre, vom 7. Mai 1902.

[2] L'éruption. p. 12.

Der Kamm des Staukegels (dôme) war unregelmässig und gegen Mitte des Monats October 1903 sah man an der Ostseite desselben eine Stelle rasch über die Nachbarschaft emporwachsen und eine scharf ausgeprägte fingerförmige Felsnadel bilden, deren Höhe manchmal von einem Tag zum anderen um mehr als 10 m zunahm, während an anderen Tagen das Wachsthum gering war oder ganz aussetzte. Gelegentlich erfuhr der Felszahn aber auch durch Abstürze bedeutende Erniedrigung, so dass also dies merkwürdige Gebilde bis zu seinem Verschwinden im August 1903 eine Geschichte durchlief, die in ihren einzelnen Phasen aufzuzeichnen, eine der interessantesten Aufgaben der Beobachter der französischen Observatorien auf Martinique gewesen ist. Wir können an dieser Stelle den Wandlungen des merkwürdigen Gebildes nicht im Einzelnen folgen. Es interessirt uns hier nur, wie dies höchst eigenartige, dem eigentlichen Staukegel entsprossene Naturwunder, das zur Zeit der höchst erreichten Höhe 1617 m über das Niveau des Meeres emporragte und die Contourlinie des Gesammtberges vollständig verändert hatte, entstanden sein mag.

Der Staukegel im Innern des Pelé-Kraters entspricht im Grund genommen genau dem 1866 entstandenen Staukegel von Santorin. Von Zeit zu Zeit vermochte Lacroix zu beobachten, wie das geschmolzene Magma die Oberfläche des Staukegels durchbrach und leuchtend hervorbrach, oder auch, wie weite Oberflächenstrecken desselben erglühten.

Aus dem Staukegel selbst wurde der Felszacken des Mont Pelé durch den Druck des noch flüssigen und durch Nachschub von unten sich langsam mehrenden Magmas im Innern des Staukegels emporgeschoben, ohne beim Emporsteigen im Allgemeinen wesentlich die Form zu verändern. Nach Lacroix[1] glich die Felsnadel Anfangs März 1903 einem aufrechten, leicht nach SW. geneigten Finger; auf dieser SW.-Seite erfolgten stetige Abstürze, so dass hier senkrechte und überhängende Wände das Gebilde begrenzten, das von der Bevölkerung von Martinique stets mit dem Namen „le cône“ belegt wurde. Auf den anderen Seiten war der Felszacken

[1] L'éruption. p. 18.

glatt und vertical gestreift. Die Verticalstreifung deutet darauf hin, dass die Masse der Felsnadel beim Emporgepresstwerden starke Reibung gegen den starren Rand der Öffnung zu überwinden hatte. Die Oberflächenfarbe der Felsnadel war bräunlichgelb, soweit nicht ein weisser Anflug dieselbe verdeckte[1]. Lacroix, der den Felszahn geradezu einen „bouchon d'andésite consolidée" nennt, „placé à la bouche d'une ouverture, qu'elle obstrue complètement", macht aber darauf aufmerksam, dass das Aufsteigen des Gebildes auf der SW.-Seite langsamer erfolgte, weshalb auch auf dieser Seite die ständigen Abstürze statthatten. Der Felszahn war von grossen Verticalrissen durchzogen, die wir unmittelbar vor dem Ausbruch vom 26. März 1903 erglühen sahen. Lacroix hat auch bei Nacht beobachten können, wie flüssiges Magma in derartige Spalten eindrang. Viel häufiger aber sah man von dem südwestlichen und westlichen Fuss aus glühende Blöcke sich ablösen und dem Gehäng entlang abwärts rollen, manchmal mehrere Kilometer weit (Lacroix, p. 19). Nach dem Ausbruch vom 26. März sahen wir bei Nacht manchmal hoch oben an der Felsnadel einzelne Gluthpunkte aufblitzen — vermuthlich dann, wenn abspringende Steine das glühende Innere blosslegten, und Lacroix[2] hat (infolge des Absturzes grösserer Theile der Oberfläche) die Felsnadel selbst häufig erglühen sehen.

Fig. 3. Die Felsnadel des Mont Pelé am 25. März 1903. Aufnahme von Dr. Wegener.

Bei der Steilheit der Wände des Staukegels sind nach Lacroix nur kleinere Theile desselben von Lockermaterial überdeckt, während an vielen Stellen der anstehende, massige Fels

[1] Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 348.

[2] A. a. O. p. 19.

zu Tage tritt. Leider war am 25. März 1903, als Dr. Wegener, E. O. Hovey und ich den Mont Pelé-Krater zusammen besuchten, der Nebel so weit verbreitet, dass nur in der von Blöcken übersäten Nachbarschaft der Felsnadel selbst der Centralkegel des Vulcans sichtbar wurde und kahler Fels ausser der Felsnadel nur in dem westlich von ihm sich hinziehenden gezackten Kamm erkennbar war. Ich konnte mir deshalb damals [1] noch kein richtiges Bild von den Verhältnissen machen.

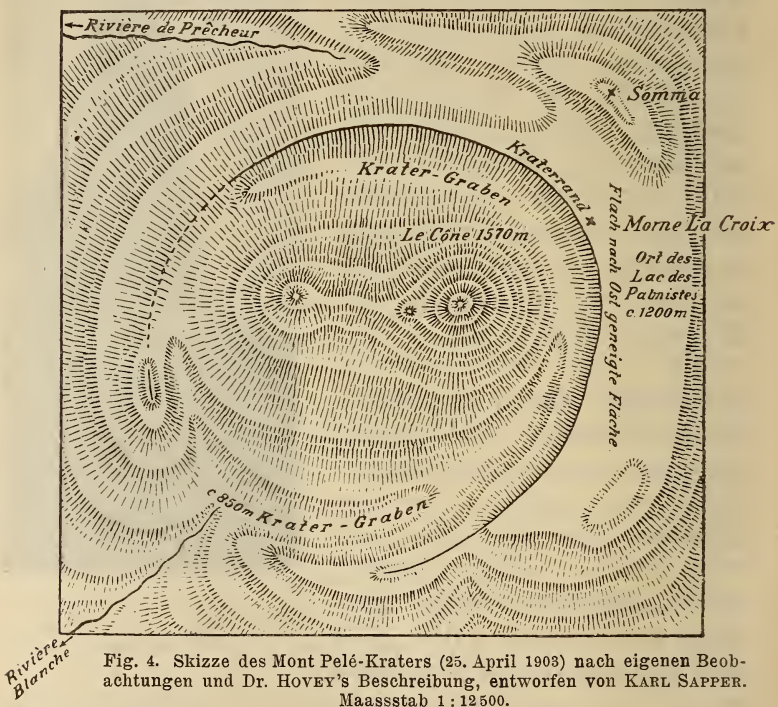


Fig. 4. Skizze des Mont Pelé-Kraters (25. April 1903) nach eigenen Beobachtungen und Dr. Hovey's Beschreibung, entworfen von Karl Sapper. Maassstab 1 : 12500.

Seit dem Verschwinden der Felsnadel hat der Staukegel des Étang sec, dessen Wachsthum sich von nun an nicht mehr auf eine einzige, engumgrenzte Stelle concentrirte, um mehr als 100 m an Höhe gewonnen, und es liegt nahe, anzunehmen,

[1] Centralbl. f. Min. etc. 1902. p. 351. Nicht der Gipfel der von mir als Somma betrachteten NE.-Erhebungen, sondern der (auf Hovey's Bild, Am. Journ. Sc. **16**. 1903. Pl. XIII Fig. 7) deutlich sichtbare, östlich vom Felszahn befindliche Felskopf am Kraterrand führt den Namen Morne la Croix.

dass bei noch weiter fortschreitendem Wachsthum des Staukegels derselbe schliesslich die ganze Kratervertiefung des

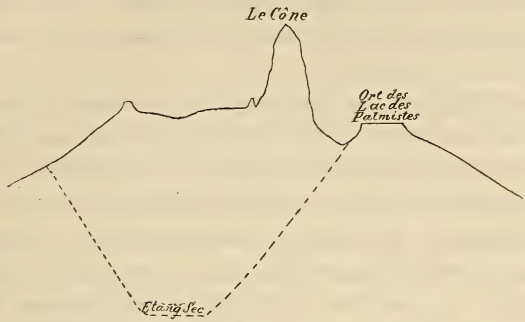


Fig. 5. Querschnitt durch den Mont Pelé-Krater von O. nach W. Maassstab 1 : 20 000. (25. April 1903.)

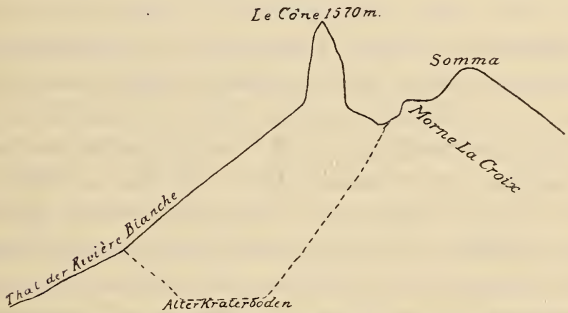


Fig. 6. Querschnitt von NO. nach SW. durch den Mont Pelé-Krater. Maassstab 1 : 20 000.

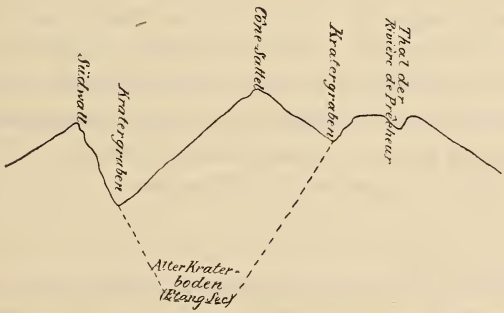


Fig. 7. Querschnitt durch den Mont Pelé-Krater von N. nach S. Maassstab 1 : 20 000.

Étang sec ausfüllen dürfte, und an Stelle einer Vertiefung dann ein phantastisch geformter, steiler, kegelförmiger Aufsatz am Vulcangebäude erscheinen würde. So ist der Staukegel

des Mont Pelé denn geeignet, wie Lacroix[1], A. Stübel[2] und P. Grosser[3] hervorgehoben haben, neues Licht auf die Entstehungsweise zahlreicher andesitischer oder trachytischer Bergkuppen und Gipfelpyramiden Ecuadors und anderer Theile der Erde zu werfen.

Die Bildung des Staukegels wie seiner krönenden Felsnadel ist nur durch die Zähflüssigkeit des andesitischen und bereits stark abgekühlten Magmas zu erklären. Das Material der Felsnadel muss daher auch durchaus mit dem der sonstigen Förderproducte des Berges übereinstimmen. Hovey[4] nimmt an, dass der Kern der Felsnadel vorzugsweise bimsteinartig sein müsse (wegen der Leichtigkeit, mit der die Massen sich ablösen und wegen der Häufigkeit von Bimsteinblöcken im Thale der Rivière Blanche). Die Oberfläche der Felsnadel auf der NO.-Seite dürfte glasig sein — ähnlich wie bei den in der Gipfelregion des Mont Pelé vielfach umherliegenden Brodkrustbomben[5], die im Innern vielfach völlig bimsteinartig sind und nur an der Oberfläche eine dichte glasige Kruste tragen.

Diese Brodkrustbomben sind losgelöste Stücke noch flüssigen Magmas, die während ihrer Luftreise oberflächlich erstarrten, beim Auffallen auf den festen Grund die kantigen Formen annahmen und die charakteristischen Oberflächenrisse erhielten. Manchmal zeigen sie auch deutliche Fluidalstructur an der Oberfläche (s. Taf. IV). Derartige Brodkrustbomben sind ausserdem bekannt von Guadeloupe (mit minder tiefen Oberflächensprüngen, s. Taf. V), von Statia und Saba. Die Bomben der Soufrière von S. Vincent (s. Taf. V) sind aus wesentlich dünnflüssigerem, basischerem Material gebildet, als die des Mont Pelé, und zeigen daher keine glasig-dichte, glatte Oberfläche und keine so tiefen und scharfrandigen Oberflächensprünge, wie die saureren Pelé-Bomben.

---

[1] A. a. O. p. 20.

[2] Rückblick auf die Ausbruchsperiode des Mont Pelé auf Martinique 1902—1903 vom theoretischen Gesichtspunkt aus. Leipzig 1904. p. 12 ff.

[3] Reisen in den ecuadorischen Anden. Sitz.-Ber. Niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilkunde. Bonn 1904.

[4] Am. Journ. of Science. **16.** 1903. p. 278.

[5] Dieselben sind gegenwärtig nach Hovey (Am. Journ. of Science. **16.** 1903. p. 281) häufiger, als im Juni 1902.

Neben diesen Bomben und den sonstigen lockeren Auswürflingen (Lapillis, Sanden und Aschen) haben die beiden Antillenvulcane aber auch grosse Mengen älteren Gesteins zu Tage gefördert: Der Mont Pelé ausschliesslich Andesitstücke der verschiedensten Grösse, meist kantig, manchmal an der Oberfläche angeschmolzen und nun nach der Abkühlung von leichten, nur auf ganz geringe Tiefe gehenden Sprüngen durchsetzt, die Soufrière von S. Vincent aber ausser älteren Lavastücken auch zahlreiche Stücke eines schönen grobkörnigen Aggregats von schwarzer Hornblende, Olivin, Plagioklas etc., ferner vom tieferen Untergrund Stücke gefritteter Schiefer und Sandsteine.

c) Secundär-vulcanische Erscheinungen und topographische Wirkungen.

Die Mehrzahl der secundären Begleiterscheinungen der Ausbrüche der Antillenvulcane sind auch anderwärts schon vielfach beobachtet worden, so dass es genügt, mit einigen Worten darauf hinzuweisen. Dahin gehören vor Allem die vielfach recht zerstörend auftretenden Schlammströme, die besonders im nordöstlichen Martinique grossen Schaden angerichtet haben und für deren Ursprung man dort theilweise besondere „mud craters“ angenommen hat. Genauere Untersuchungen haben gezeigt, dass solche „Schlammkrater“ nicht vorhanden sind, sondern dass die Schlammfluthen lediglich dadurch hervorgebracht worden sind, dass die Regenwasser, durch keinen Vegetationsschutz zurückgehalten, in gewaltigen Massen in kürzester Frist vom Berg zu Thal flossen, auf ihrem Weg ungeheure Mengen von Aschen, Sanden und Blöcken mit sich rissen und bei Verminderung des Gefälls theilsweise wieder zum Absatz brachten. Derartige Schlammströme können sich noch immer ereignen, bis einmal die Vegetation wieder bleibenden Fuss auf dem jetzt verwüsteten Gebiet gefasst hat. Verschieden von diesen secundären Schlammströmen waren aber die Schlamm- und Heisswasserfluthen vom 3. und 5. Mai 1902 auf Martinique und vom 7. Mai auf S. Vincent: denn in diesen Fällen war der Inhalt der beiden Kraterseen in Form von Schlammeruptionen aus ihrem bisherigen Behälter herausgeschleudert und dadurch zum Abfluss am Aussenhang

der betreffenden Vulcane gezwungen worden. In welcher Weise das Hinausschleudern der Wassermassen eines Kratersees erfolgen könne, haben Mr. und Mad. Lacroix, E. O. Hovey und Rev. Huckerby bei ihrer Besteigung der Soufrière von S. Vincent am 3. März 1903 beobachten können[1]. Aus dem ruhigen, durch concentrische Wellenringe belebten schmutzigen Wasserspiegel des Kratersees erhob sich plötzlich eine enorme Masse tintenschwarzen Schlammes, der Felsblöcke einschloss; sie erreichte in wenigen Secunden die Höhe der Kraterumwallung, übertraf sie hernach noch um mehrere Hundert Meter. Während des Aufstiegs lösten sich aus der Schlammsäule grosse, weisse, wirbelnde Dampfwolken los, und nachdem die Schlammmasse unter betäubendem Getöse in ihr früheres Bett zurückgefallen war, erhob sich sofort eine neue gewaltige Dampfwolke, deren Wirbel sich heftig an den Kraterwänden hindrängten.

Es lässt sich leicht vorstellen, dass noch heftigere Explosionen dieser Art die Schlammmassen aus dem Krater herausschleudern müssen, und dass derartige Ereignisse auch die Schlammströme des Mai 1902 hervorgebracht haben. In ganz ähnlicher Weise äussern sich die vulcanischen Ereignisse auch in anderen durch Kraterseen ausgezeichneten Vulcanen, z. B. Poas in Costarica[2].

Während Schlammströme zu den gewöhnlichsten secundärvulcanischen Erscheinungen gehören, sind Aschengeysirs und Dampfexplosionen vor den Ausbrüchen der Antillenvulcane nur wenig beachtet gewesen. Denn da die hoch in die Lüfte geschleuderten Lockermassen der meisten Vulcanausbrüche während des weiten Luftwegs erkalten und nur in nächster Nähe des Kraters in starkerhöhter Temperatur auf der Erde anlangen, so pflegte sich das Phänomen der Dampfexplosionen nur in verhältnissmässig grosser Nähe der Ausbruchsöffnung und auch in nicht allzu bedeutendem Maassstab, noch grosser Häufigkeit abzuspielen[3]. Anders auf Martinique und besonders S. Vincent, wo die absteigenden Wolken nach kurzer Wanderung grosse Massen glühender Lockermaterialien in den Ver-

---

[1] Lacroix, Les dernières éruptions de S. Vincent. (Annales de Géographie. **11**. 1903. p. 261.)

[2] Zeitschr. deutsch. geol. Ges. **53**. 32. — Weltall u. Menschheit. I. 128.

[3] So auch beim Santa Maria 1902. Dies. Jahrb. 1904. I. 70.

tiefungen des Geländes abgesetzt hatten und die obersten Aschenlagen als Isolirschichten functionirten. Da entstanden denn beim Hinzutreten atmosphärischen Wassers gewaltige Dampfexplosionen, wobei grosse Mengen vulcanischen Materials hoch in die Lüfte mit hinaufgeschleudert wurden. Diese geysirartigen Dampfexplosionen erzeugten blumenkohlähnliche Dampfballen von gleicher Erscheinung wie bei echten vulcanischen Ausbrüchen und erreichten in wenigen Secunden bedeutende Höhen (von 500—600 m, in einzelnen Fällen sogar von $1\frac{1}{2}$ km). Sie traten besonders häufig nach heftigen Regen auf, wenn starke Wassermassen die Thalrisse herunterstürzten und stark erodirend an den dort aufgehäuften Sand- und Aschenmassen hinströmten, da und dort leichte Einstürze der steilen, oft sogar senkrechten Gehänge der erst vor kurzem gebildeten Tuffe hervorriefen und nun mit einem Schlage Zutritt zu den noch glühend heissen inneren Aschen erhielten. Dann stiegen urplötzlich die gewaltigen Dampfsäulen auf, oft an der Basis grau durch mitgerissene feste Bestandtheile, an den Rändern und der Oberfläche aber glänzend weiss. Etwa eine halbe Stunde nach Beendigung des Regens hörten die Dampfexplosionen, die von Anderson und Flett[1], E. O. Hovey[2] und F. C. Russel[3] besonders schön am Wallibu River auf S. Vincent beobachtet worden sind, wieder auf oder setzten sich nur noch in verringerter Zahl und kleinerem Massstab fort. Aber auch bei niedrigem Wasserstand des Flusses erfolgten dann und wann solche geysirartige Ausbrüche, namentlich stets dann, wenn das Wasser die aus lockerem Auswurfsmaterial bestehende Thalwand zu unterspülen vermochte. Die Eruptionen erfolgten ohne bedeutendes Getöse; gewöhnlich vernahm man nur ein leises Grollen. Je nach der Bedeutung der Dampfexplosionen war auch die Dauer des Schauspiels verschieden; in vielen Fällen währte es mehrere Minuten und in einem Fall, den Dr. Hovey beobachtet hat und bei dem die Dampfsäule die Höhe einer englischen Meile erreichte, beinahe eine Stunde.

---

[1] A. a. O. p. 433 ff.

[2] Martinique and S. Vincent; a preliminary Report. Bull. Am. Mus. Nat. Hist. **16**. (1902.) p. 343.

[3] The National Geographic Magazine. **13**. 1902. p. 276.

Wo die Verhältnisse günstig lagen, formten die von der Dampfexplosion ausgeschleuderten und seitlich vom Ausbruchspunkt niederfallenden Aschenmassen kleine Krater und Aschenkegel, und G. C. Curtis erwähnt in seinem Aufsatz über secondary Phenomena of the Westindian volcanic eruption of 1902[1], dass die dabei entstehenden Aufschüttungskegel zuweilen 12 m Höhe und 49 m Durchmesser erreichten. In den so geschaffenen kleinen Kratervertiefungen sammelte sich unter Umständen Regenwasser für lange Zeit an[2]. Hovey erwähnt auch einen Fall, wo das durch Dampfexplosion aufgeschüttete Gebilde als abschliessender Damm im Flussbett wirkte und das zufliessende Wasser zu einem temporären See aufstaute, dessen bald erfolgender Durchbruch Veranlassung zur Bildung eines Schlammstromes wurde.

Während die Dampfexplosionen auf S. Vincent kurz nach der Katastrophe nach heftigen Regen aus Tausenden von Öffnungen erfolgten und die aufsteigenden Dampfwolken dann die ganze Landschaft beherrschten, liess sich das Phänomen später nur noch selten beobachten; gelegentlich ist es aber noch 10 Monate nach dem Hauptausbruch beobachtet worden.

Die aufgespeicherte Hitze der durch die vulcanischen Sandlawinen abgesetzten Materialien machte sich aber — besonders auf S. Vincent — nicht bloss in den oben beschriebenen geysirartigen Ausbrüchen geltend, sondern bewirkte auch, dass die niedergehenden Schlammfluthen anfänglich stets sehr hohe Temperaturen aufwiesen, da die Wassermassen sich mit den mitgerissenen heissen Aschen zu einem kochend warmen Schlamm verbanden und damit den Reisenden den Übergang über diese Wildwasser unmöglich machten.

Im Übrigen erfolgte die Abtragung der abgesetzten Aschenmassen durch spülendes Wasser (während der Trockenzeit auch in geringem Maass durch den Wind) durchaus in gleicher Weise wie anderwärts, z. B. am Santa Maria.

Günstig für die endgültige Entfernung der Auswurfsmassen der beiden Antillenvorkommen wirken aber zwei Um-

---

[1] Journal of Geology. Chicago 1903. **11**. 199—215.

[2] Ein prächtiges Bild zweier trockener und eines wassergefüllten Secundärkraters bringen Anderson und Flett a. a. O. Pl. 30 Fig. 1.

stände: einmal die insulare Lage der beiden Feuerberge, die den Transportweg bis zum Meer auch im ungünstigsten Fall nur relativ kurz und zudem allenthalben verhältnissmässig steil gemacht hat, und dann die Art und Weise, wie die Hauptmasse des Ausbruchsmaterials abgelagert wurde. Da, wo aufsteigende Eruptionswolken die Auswurfsmassen über die benachbarte Oberfläche vertheilen, geschieht es verhältnissmässig gleichmässig über Berg und Thal; wo aber, wie hier, absteigende Eruptionswolken die Hauptmasse der Auswürflinge an die Erdoberfläche befördert haben, da haben sie dieselbe naturgemäss schon von vornherein in den Thalschluchten und Niederungen angereichert und so die Abtragung wesentlich beschleunigt und erleichtert.

Freilich wurde das fliessende Wasser durch die von ihm selbst mitgeführten Transportstoffe und die ihm massenhaft von Spülrinnen und seitlichen steilgeneigten Bachläufen zugeführten Aschen- und Schlammmassen so sehr überlastet, dass es vielfach nicht mehr im Stande war, die Massen weiter fortzuführen, sondern sie theilweise absetzen musste. Es bildeten sich Dämme, die das Wasser stauten, bis es hinreichend mächtig geworden war, um wieder durchzubrechen. Da aber diese Ereignisse in rascher Folge eintraten (bald nach der Katastrophe von S. Vincent nach den Beobachtungen von Russel [1] durchschnittlich etwa alle 20 Secunden), so wurde der Lauf dieser Flüsse „pulsirend“ („pulsating streams“). Späterhin regulirte sich der Ablauf allmählich immer mehr, die Dammbildungen wurden seltener und nachdem einmal die Erosion so weit vorgeschritten war, dass die Flüsse in der Hauptsache wieder den Boden ihres alten Bettes erreicht hatten, traten sie nur noch ausnahmsweise ein. Erleichtert wurde die rasche selbstthätige Regulirung der Wasserläufe durch die Enge der Thalschluchten, die ein seitliches Ausweichen der Wassermassen unmöglich machten.

Die Auswurfsmassen, die von den Flüssen innerhalb weniger Monate ins Meer hinausgeführt worden sind, sind ausserordentlich gross und E. O. Hovey schätzt, dass aus der Thalschlucht des Wallibu River allein innerhalb 10 Monaten

---

[1] The National Geographic Magazine. **13**. 276.

(Mai 1902 bis März 1903) nicht weniger als 150 000 000 Cubikfuss ins Meer hinausgeschwemmt worden sind.

Derartige grosse Massen festen Materials müssen natürlich da, wo nicht überaus steile Neigung des Meeresbodens vorhanden ist, zu einer Vergrösserung der Landfläche und Versandung der benachbarten Meeresstrecken führen, wie dies auch thatsächlich in sehr fühlbarer Weise auf der Windward-Seite (der O.-Seite) von S. Vincent und Martinique geschehen ist, während auf der Leeward-Seite bei der steileren Böschung des Meeresbodens diese Wirkungen stark zurücktreten. Wie hier am Meeresboden, so sind auch auf der festen Erdoberfläche die topographischen Veränderungen infolge der Ausbrüche unbedeutend gewesen, wenn man von der Veränderung der Kraterregionen selbst absieht.

2. Die vulcanischen Kleinen Antillen.

a) Alter und Niveauänderungen der Einzelgebiete.

Obgleich nur die bogenförmig geschwungene Innenreihe der Kleinen Antillen-Inseln vorzugsweise aus vulcanischen Gesteinen aufgebaut ist, so fehlen Eruptivgesteine, wie die Untersuchungen von Nugent[1], Purves[2], Cleve[3] und Spencer[4] beweisen, doch auch auf einigen Inseln der mittleren Zone von Suess nicht, und zwar sind solche nachgewiesen auf Antigua, S. Barthélemy und S. Martin. Von diesen Gesteinen liegen genaue petrographische Bestimmungen nicht vor. Es sind ausser anstehendem Fels vielfach Breccien und Conglomerate (nach Cleve ähnlich dem Bluebeache der Jungfern-Inseln), sowie Tuffe vorhanden, alle von verhältnissmässig hohem Alter: nach Cleve eocän, nach Spencer sogar wahrscheinlich cretaceisch.

---

[1] N. Nugent, A Sketch of the Geology of the Island of Antigua. Trans. Geol. Soc. (1.) **5**. 1821. p. 459—475.

[2] M. J. C. Purves, Esquisse géologique de l'Ile d'Antigoa. Bull. Mus. Roy. Hist. Nat. Belg. **3**. 1884/1885. p. 273—318.

[3] P. T. Cleve, On the Geology of the North-eastern West India Islands, K. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handl. **9**. No. 12. 1871.

[4] J. W. Spencer, On the geological and physical Developement of Antigua, of Anguilla, S. Martin, S. Bartholomew and Sombrero. Quart. Journ. Geol. Soc. **57**. Nov. 1901. p. 493 f. u. p. 523 f.

Dieselben alttertiären (oder vortertiären) Eruptivgesteine, Breccien und Tuffe sollen nach J. W. Spencer auch das Grundgebirge der Westhälfte von Guadeloupe[1], der Südosttheile von S. Kitts (S. Christopher) und der nordwestlichen Hälfte von Statia (San Eustatius) bilden, jedoch erscheint diese Ansicht bisher keineswegs hinreichend begründet. Auch für Dominica[2] und die südlich davon gelegenen Inseln der Innenzone der Kleinen Antillen nimmt Spencer ein eruptives Grundgebirge von gleichem Alter an wie für Antigua und deren Nachbarinseln. Während aber auf Antigua das ungefähre Alter der Eruptivgebilde dadurch sichergestellt ist, dass über ihnen Tuffe auftreten, mit deren oberen Lagen Kalkbänke wechsellagern, die oligocäne oder eocäne Versteinerungen enthalten, fehlen derartige sedimentäre Gebilde auf Dominica, Saint Lucia und den südlichen Inseln bereits vollständig, so dass das relative Alter des eruptiven Grundgebirgs auf diesen Inseln nicht direct nachweisbar ist. Es schwebt daher auch die Schlussfolgerung Spencer's, dass vulcanische Thätigkeit im mittleren und jüngeren Tertiär in der Innenzone der Kleinen Antillen geruht hätte, und dass dies Gebiet damals — bis zum Ende des Pliocän — eine grosse Landmasse gebildet hätte, ziemlich in der Luft. In der That haben die Untersuchungen Giraud's[3] im südlichen und südöstlichen Martinique gezeigt, dass dort den Tuffen einige Kalkbänke mit oligocänen und miocänen Fossileinschlüssen eingeschaltet sind. Es zeigt sich eben überhaupt, dass unsere Kenntniss der geologischen Verhältnisse der Kleinen Antillen noch durchaus ungenügend ist und dass es daher auch unmöglich ist, die geologische Geschichte des Gebiets mit einer erträglichen Sicherheit zu reconstruiren. Es ist ja richtig, dass die Oberflächenformen mancher Gebiete

---

[1] Quart. Journ. Geol. Soc. **57.** 1901: On the geological and physical developement of Guadeloupe (p. 506—519), of the S. Christopher Chaine and Saba Banks (p. 534—543).

[2] On the geological and physical developement of Dominica, with Notes on Martinique, Santa Lucia, S. Vincent and the Grenadines. Quart. Journ. Geol. Soc. **58.** 1902. p. 341—353.

[3] A. Lacroix, L'éruption de la Martinique (p. 4 f.). Eingehendere Mittheilungen sind meines Wissens noch nicht erschienen.

(z. B. St. Lucias, des südöstlichen S. Kitts etc.) deutlich die Spuren langdauernder Denudationswirkung zeigen und dadurch schon ihr höheres Alter gegenüber benachbarten vulcanischen Gebieten ohne Weiteres bekunden, es ist auch zweifellos und durch das Vorkommen weithin zu verfolgender, gehobener Strandterrassen[1], sowie zahlreicher gehobener Korallenriffe und junger Meeresablagerungen festgestellt, dass recht beträchtliche Niveauschwankungen noch in der Diluvialzeit stattgefunden haben, allein im Einzelnen lassen sich dieselben noch nicht genügend parallelisiren und erklären. Namentlich muss man der Annahme Spencer's einer pleistocänen Hebung des gesammten Antillengebiets um mehr als 2000 m vorläufig noch durchaus skeptisch gegenüberstehen, da die Gründe, auf die er seine Hypothese stützt, recht schwach sind. Er meint nämlich, dass das Vorkommen von Resten grösserer Säugethiere im Pleistocän von Guadeloupe und Anguilla nur durch Annahme einer jugendlichen Landbrücke nach dem Nachbarcontinent erklärt werden könne und glaubt ferner, dass die jetzige Gestaltung des Meeresgrundes auf die Wirkungen subaërischer Erosion zurückgeführt werden müsste. Er hat letztere Ansicht in einer Reihe von Schriften[2] näher zu begründen gesucht; aber meines Erachtens halten seine Gründe nicht der strengen Kritik Stand. Namentlich scheint mir die Erforschung des Reliefs des Meeresgrunds in jenen Gebieten bei weitem noch nicht hinreichend gediehen zu sein, um eine sichere Grundlage für derartige weittragende Schlüsse abgeben zu können.

Neben den grossen allgemeinen Hebungen und Senkungen des gesammten Antillengebiets nimmt Spencer aber auch noch enger umgrenzte Niveauveränderungen an, die durch junge vulcanische Hebung hervorgebracht seien. Er nimmt eine solche Hebung speciell für Dominica[3] an, um die Terrassen und die von mir ausführlich besprochenen[4] glacisartigen „schiefen

[1] Namentlich auf S. Vincent; Anderson und Flett, Report, p. 365 ff. Auf den übrigen Inseln sind sie weniger deutlich und ausgedehnt.

[2] Ausser den oben genannten Arbeiten in der Schrift: On the relationship of the volcanoes of the West Indies (Paper read before the Victoria Institute) 20. April 1903.

[3] Quart. Journ. Geol. Soc. **58**. 351.

[4] Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 311.

Ebenen" dieser Insel zu erklären, und meint: „The special interest of these terraces, or old deformed plains, lies in the fact, that they do not represent a general elevation of the region, but only a local uplift, due to the volcanic forces acting at a recent date, the focus being in the interior of the island and the deformation not extending much beyond its limits." Später (a. a. O. p. 352) fügt er hinzu: „The raised terraces or base-level plains dip outward from the mountain-mass, and are evidence of the local elevation, with deformation, which occurs immediately adjacent to the foci of recent volcanic activity, but does not extend beyond the mountain-districts." Und hernach (p. 353): „The elevation of the mountain-districts, in excess of the general movements of the Antillean plateau, is a phenomenon due to local plutonic forces, where recent volcanic activity has obtained; although it is not to such causes, that the various islands owe their separation one from the other, but to atmospheric erosion and changes of level."

Es scheint aus diesen nicht ganz klaren Ausführungen hervorzugehen, dass Spencer die Neigung der schiefen Ebenen und deren Gefäll nach aussen mindestens z. Th. auf die locale Hebung der ganzen Insel zurückführen möchte; es muss aber bemerkt werden, dass nicht alle schiefen Ebenen der Insel von der Haupterhebungslinie aus sich seewärts abdachen, sondern dass auch einwärts gerichtete Neigungen vorkommen, so an der Südabdachung des Morne au Diable. Freilich würde dies Vorkommen Spencer, der es nicht gekannt zu haben scheint, keine Erklärungsschwierigkeit verursachen, da er neben den auf einzelne Inseln beschränkten Hebungen auch noch localere vulcanische Hebungen kennt, die auf einzelne Berge beschränkt sein sollen, und er führt als Beispiele letzterer Art den Brimstone Hill auf S. Kitts und The Quill auf Statia an. Er schreibt darüber wörtlich[1]: „Brimstone Hill is a secondary and adventitious volcanic dome . . . It is composed of loose or semicoherent tuffs, the beds showing intense contortion and fracture. It is covered by a mantle of white marl or limestone, from 15 to 30 feet thick, much

[1] Quart. Journ. Geol. Soc. **57**. 536.

fractured and dipping everywhere outward from the central dome, even at angles approaching the vertical. The mantle occurs only to a height of 450 feet. This feature is repeated at the southern end of Statia where the limestone-mantle has been carried up to a height of 900 feet, upon the flanks of the crater-cone . . . Owing to these two volcanic uplifts, the limestones which underlie the submerged coastal plains may be seen, for they appear nowhere else on these islands.“ Nach den Versteinerungen, die Cleve und Spencer von Brimstone Hill, Molengraaff vom Quill aufgesammelt haben, handelt es sich um sehr jugendliche (jungpliocäne oder pleistocäne) Sedimentärablagerungen, die theils regelmässig in Streichen und Fallen der Böschung des vulcanischen Hügels folgen, theils infolge mehrfacher localer Verwerfungen unregelmässige Lagerung und zuweilen sehr steiles Einfallen zeigen[1]. Sehr jugendliche Hebungen haben also hier zweifellos stattgefunden, und zwar weichen die Kalksteine am Brimstone Hill bis etwa 200 m Höhe[2] hinauf, am Quill bis 212 m[3], während Gypse an letzterem Vulcan bis 315 m hinaufreichen. Die Frage ist nur, ob die Hebung eine locale war, beschränkt auf den Berg allein (Spencer), beim White Wall am Quill auf einen Sector des Vulcans (Molengraaff), oder ob die Hebung eine allgemeine war, wie Cleve anzunehmen scheint und auch ich glaube.

Molengraaff sowohl wie Spencer führen als Hauptstütze für ihre Ansicht die locale Beschränkung des Vorkommens gehobener Kalksteine und Gypse an. „Nergends anders op het eiland,“ sagt Molengraaff (a. a. O. p. 31 f.), „zijen kennteekenen van rijzing waar te nemen hetzij als opgeheven strandriffen, hetzij als sporen van aanhechting van zeedieren of zeeplanten aan rotsen die nu boven de vloedoppervlakte der zee zijn gelegen . . . De opheffing van de White Wall is dus een plaatselijk verschijnsel . . . Dat deze (vulkanische) kraacht zeer lokaal heeft gewerkt, blijkt onder andere ook daaruit, dat de White Wall aan beide zijden door zeer diepe

[1] Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 285 u. 316 f.

[2] Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 285.

[3] G. A. F. Molengraaff, De Geologie van het Eiland St. Eustatius. Leiden 1886, p. 28.

ravijnen is begrensd; zij vertoont zich daardoor als een reusachtige verheven rug, die den regelmatigen kegelvorm van den hoofdvulkan plaatselijk verstoort.

De White Wall is geologisch zeer belangrijk, want, nadat de opheffingstheorie, die door L. v. Buch zoo kraachtig was verdedigd, door latere waarnemingen afdoende was weerlegd, vervielen vele geologen in het omgekeerde uiterste en hebben zij aan de vulkanische werkzaamheid te eenenmale de macht ontzegd om praeexisteerende lagen te kunnen opheffen.

De White Wall levert in strijd hiermeede een duidelijk en onweersprekelijk bewijs dat wel degelijk somtijds het vulkanisme plaatselijk belangrijke opheffingen kan te weeg brengen[1].“

Angesichts der grossen principiellen Bedeutung der hier angeregten Frage ist es äusserst bedauerlich, dass die Untersuchung der beiden in Frage kommenden Inseln noch immer ungenügend ist. Aber so viel scheint mir sicher, dass gehobene Kalksteine sowohl auf S. Kitts als am Quill auch ausserhalb der von Spencer und Molengraaff angegebenen Grenzen vorkommen, denn Kalksteine findet man auf S. Kitts auch etwa 5 km südöstlich von Brimstone Hill bei Lamberts in etwa 150 m Höhe[2] und am Quill sah ich westlich vom White Wall ebenfalls in etwa 150 m Höhe helles Gestein zwischen dem Buschkleid des Bergkegels hervorleuchten. Ist es mir auch nicht möglich gewesen, den Ort selbst zu besuchen, so zweifle ich doch nicht an der Existenz von Kalksteinen daselbst. Ich glaube daher, dass es sich in beiden Fällen nicht um so eng begrenzte Hebungen handeln kann, wie Spencer und Molengraaff annehmen, und möchte deshalb auch das thatsächlich vorhandene ziemlich steile Einfallen nicht auf Rechnung einer plötzlichen Aufrichtung durch eine local wirkende vulkanische Kraft setzen, sondern sehe sie als natürliche Folge des Absatzes auf einer geneigten Unterlage an. Leider lässt sich nach den bisherigen Beobachtungen weder beweisen, dass die Absätze auf horizontaler, noch dass sie auf geneigter Unterlage sich gebildet haben, und wenn

---

[1] Vergl. auch a. a. O. p. 53.

[2] Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 286.

auch mein verehrter Freund Molengraaff, den ich um nähere Mittheilungen bat, (in seinem Briefe vom 24. Juli 1903) sich zu erinnern glaubt, „dass einzelne Korallenstöcke der White Wall-Schichten, wo sie ganz waren, nicht vertical standen, sondern senkrecht zu den Schichtflächen", so vermisse ich doch in seiner 1886 erschienenen trefflichen Beschreibung Statias jeden Hinweis auf eine so wichtige Beobachtung. Bei meinem Misstrauen gegen Erinnerungsbilder glaube ich daher bei meiner Ansicht so lange beharren zu dürfen, bis spätere Besucher des White Wall die fragliche Stellung der dortigen Korallenstöcke thatsächlich nachgewiesen haben.

Auffallend bleibt es ja freilich immerhin, dass die Kalkablagerungen so spärlich und local beschränkt auftreten, aber die Erscheinung wird etwas verständlicher, wenn man sich die manchmal geradezu capriciöse Vertheilung lebender Korallen in jenen Meeren betrachtet. Zudem muss man sich den Betrag der Abtragung auf den kleinen und dabei stellenweise recht hochragenden Inseln doch recht bedeutend vorstellen. Ausserdem scheint das Vorkommen mariner recenter Schnecken und Muscheln im Südtheile von S. Kitts (bei Basseterre) innerhalb der vulcanischen Sande darauf hinzudeuten, dass auch hier eine sehr jugendliche Hebung eingetreten ist, obgleich keinerlei Kalk- oder Gypsabsätze stattgefunden haben. Leider giebt Cleve, der eine Liste dieser recenten Conchylien mittheilt [1], nicht an, bis zu welcher Seehöhe er sie angetroffen hat; ich selbst fand sie bei Basseterre nicht höher als 20 m ü. d. M.. Genauere Nachforschungen werden aber wohl auch in dieser Hinsicht viel Neues bringen und die ganze Frage klären helfen. Vorläufig muss ich die Frage localer vulcanischer Hebungen auf den Kleinen Antillen noch als durchaus offen ansehen [2].

---

[1] A. a. O. p. 20 ff.

[2] Molengraaff bestreitet übrigens (a. a. O. p. 32 f.) die Beweiskräftigkeit der Cleve'schen Funde bei Basseterre mit den Worten: „Ik kan in deze zijn gevoelen niet deelen, daar de gewoonte bestaat, om op velden, die voor den bouw van suikerriet bestemd zijn, schelpen te strooien om het kalkgehalte van den bodem te vergrooten." Ich habe nun selbst Korallen bei Basseterre etwa $\frac{3}{4}$ m unter der Erdoberfläche an Aufschlüssen

b) Räumliche Anordnung der vulcanischen Kleinen Antillen.

Wenn man von den verhältnissmässig alten (vortertiären oder eocänen) Eruptivvorkommen von Antigua, S. Barts und S. Martin absieht, so ist im Bereich der Kleinen Antillen das Vorkommen eruptiver Gesteine und Gebilde vollständig auf die Suess'sche Innenreihe (Saba—Grenada) beschränkt. Diese vulcanische Innenreihe erstreckt sich, wenn man nach den als Inseln zu Tage tretenden höchsten Spitzen auf die Anordnung der Gesammtbildung schliessen darf, in einem Bogen von ungefähr 725 km Länge und etwas über 440 km Krümmungsradius von NNW. nach SSO., wobei die convexe Seite nach O. gekehrt ist. Bei genauerer Untersuchung zeigt sich, dass die Bogenform doch nicht vollkommen ist, indem sich namentlich zwei Abweichungen beobachten lassen: die Insel Saint Lucia ist etwas nach O. verschoben und die kleine Nordreihe Saba—Montserrat zeigt einen etwas grösseren Krümmungsradius als die Hauptreihe Guadeloupe—Grenada. Die Mittellinien der Nord- und der Hauptreihe sind um etwa 4 km gegeneinander verschoben. Im Einzelnen zeigen sich natürlich noch zahllose weitere Abweichungen von einer mathematisch genauen Anordnung der Ausbruchscentren, indem dieselben, soweit sie überhaupt festzustellen sind, durchaus nicht immer auf einer Linie, sondern vielmehr nur innerhalb eines Bandes von wechselnder Breite liegen.

Zieht man die drei Inseln der Suess'schen Mittelzone, die ebenfalls eruptive Gebilde zeigen, mit in den Kreis der Betrachtung, so zeigt sich auf den ersten Anblick, dass S. Martin, S. Barts und der eruptive SW.-Theil von Antigua ebenfalls auf einer gekrümmten Linie angeordnet sind, und zwar ist dieselbe ziemlich genau concentrisch zu der Mittellinie der Nordreihe Saba—Montserrat, um 50 km vorgeschoben.

---

neben der Strasse gefunden, aber keine sicheren Spuren eines marinen Absatzes der Erdbestandtheile entdecken können. Wenn es auch nicht wahrscheinlich ist, dass bei der Bearbeitung der Zuckerrohrfelder die oberflächlich gestreuten Kalkrudimente so tief unter die Erdoberfläche hätten kommen können, so ist die Möglichkeit doch andererseits auch nicht durchaus von der Hand zu weisen. Man muss also in der That die Beweiskraft dieser Funde als zweifelhaft hinstellen.

Bemerkenswerth erscheint, dass diese ältere eruptive Aussenzone Antigua—S. Martin geradeso wie die offenbar jüngere vulcanische Innenzone Montserrat—Saba in geringer Entfernung vom Nordende (Guadeloupe) der bedeutenderen vulcanischen Südzone einsetzt. Man kann sagen, das wäre Zufall oder nur müssige auf der Karte ausgeführte Speculation; aber die Thatsache besteht, dass sich alle eruptiven Gebilde der Kleinen Antillen auf die Nachbarschaft der erwähnten Curven concentriren und ausserhalb derselben nirgends vorkommen.

c) Die chemische Beschaffenheit der Eruptivgesteine.

Über die petrographische und chemische Beschaffenheit der Eruptivgesteine der Kleinen Antillen ist man zur Zeit noch sehr ungenügend unterrichtet; es besteht aber die Hoffnung, dass in Bälde die noch zu erwartenden einschlägigen Veröffentlichungen verschiedener Geologen unsere Kenntniss wesentlich erweitern werden. Eine petrographische Beschreibung der vorkommenden Gesteine zu liefern, liegt völlig ausserhalb des Rahmens dieser Arbeit, die lediglich auf das Hervorheben allgemeiner Züge gerichtet ist und infolge dessen bei Betrachtung der Gesteinsarten lediglich Streiflichter auf ihre chemische Zusammensetzung werfen soll. Zur Orientirung mag aber eine Liste der thatsächlich beobachteten eruptiven Gesteinsarten gegeben sein; ich stütze mich dabei auf die mir zugängliche Literatur und die von mir selbst gesammelten, von meinem Freunde A. Bergeat zumeist mikroskopisch bestimmten Gesteinsproben. Leider stammen die Angaben der Literatur aus recht verschiedenen Zeitaltern, und auch bei den neueren Bestimmungen ist es schwer, die Angaben unmittelbar zu vergleichen, da sie z. Th. recht verschiedenartigen Nomenclaturen entnommen sind. So ist es mir nicht möglich, Cleve's Syenitporphyr, Deville's Trachydolerite oder Lacroix' (nach der Sammlung Deville bestimmten) Labradorite [1] sicher einzuordnen, da mir von den nahestehenden

[1] Sur les andesites et labradorites à hypersthène de la Guadeloupe. Compt. rend. **110**. 1347—1350. — Sur la composition minéralogique des roches volcaniques de la Martinique et de l'île Saba. Compt. rend. **111**. 71—73. Genauere Fundortsangaben fehlen in beiden Arbeiten. — Les roches volcaniques de la Martinique. Compt. rend. Mittheilung vom 26. Mai 1902.

Gesteinen noch keine genaueren Beschreibungen vorliegen. Angesichts solcher Schwierigkeit habe ich, wo nöthig, die Originalbezeichnungen beibehalten und keine Einordnung vorgenommen. Die Angaben Siemiradzki's[1] erwecken nach der petrographischen Seite hin Misstrauen und sind deshalb nicht voll berücksichtigt worden.

Sichergestellt ist bisher das Vorkommen folgender Gesteinsarten (s. Tab. p. 40—43).

Giebt die hier mitgetheilte Liste auch bei weitem nicht eine annähernd vollständige Übersicht der thatsächlich auf den Kleinen Antillen vorhandenen Gesteinsarten, so erkennt man doch, dass die verschiedenartigsten Gesteine auf engstem Raum nebeneinander vorkommen, und dass weder saure noch basische Producte auf bestimmte Regionen allein beschränkt sind. Immerhin aber tritt die eine Thatsache deutlich hervor, dass die basischeren Gesteine im S. des Gebiets (S. Vincent, Grenada) ausschliesslich herrschen, ohne mit sauren Gesteinen abzuwechseln, dass sie aber auf den nördlichen Inseln eine mehr untergeordnete Rolle spielen und auf den nördlichen Ausläufern der Innenzone (Statia und Saba) schliesslich ganz fehlen. Bemerkenswerth ist, dass auch bei den jüngsten Ausbrüchen wiederum der nördlicher gelegene Feuerberg die saureren, der südlichere die basischeren Producte gefördert hat. Darf man aus diesen Thatsachen angesichts des völlig ungenügenden Beobachtungsmaterials auch noch nicht den weittragenden Schluss ziehen, dass das Magma des Antillenherdes in seinen nördlichen Theilen saurer, in seinen südlicheren basischer wäre, so dürfte eine sorgfältige Rücksicht auf diese Gesichtspunkte bei späteren Studien doch empfehlenswerth sein. Freie ausgeschiedene Kieselsäure (in Form von Quarz und Tridymit) kommt nur auf den nördlicheren Inseln (von Saint Lucia an) vor. Die ausgeschiedene Kieselsäure beweist aber, wie die Analysen Pisani's[2] zeigen, nicht immer das Vorhandensein starken Kieselsäuregehalts; man muss daher Lacroix' Schlussfolgerung als wahrscheinlich anerkennen, dass

[1] Die geognostischen Verhältnisse der Insel Martinique. Dissertation. Dorpat 1884.

[2] A. Lacroix, Les roches volcaniques de la Martinique. Compt. rend. Mittheilung vom 9. Juni 1902.

Gesteinsart	Insel	Fundort	Bestimmt von:
Basalte:			
Feldspathbasalt	S. Kitts	Black rock, olivinreich.	Bergeat.
	Montserrat	Sweeney's Well.	„
	Dominica	Rosalie.	„
	Martinique	Anses d'Arlets, Vert Pré, Bellevue am Mt. Vauclin.	„
	„	Mittelzone der Insel vom Morne Palmiste bis Rivière Pilote, ausserdem Marigot, Grande Anse, Rivière Capote etc.	Siemiradzki.
	Santa Lucia	Soufrière.	Bergeat.
	S. Vincent	Kings Hill, Richmond Estate, Buccament Valley.	„
	Grenada	Sauteurs, Victoria.	„
Olivinbasalt	„	Mt. Cathérine, Carrière, Grand Étang, Black Bay.	J. B. Harrison [1].
Hypersthenführender Basalt . . .	S. Vincent	Somma der Soufrière und Lavastrom bei River bed.	Bergeat.
Basalt ohne nähere Bezeichnung .	„	Soufrière — oberster und mittlerer Lavastrom —, Black Ridge.	
	Martinique	Mt. Vauclin, Bellevue.	
	Santa Lucia	Soufrière.	
	Les Saintes	—	
Basalt-Dolerit	Guadeloupe	Échelle.	St. Claire Deville [2].
Labradorite:			
Augit-Labradorit	Martinique	Fort de France.	A. Lacroix.
Hypersthen-Labradorit	„	Macouba, Rivière Laillet, la Garde.	„

Andesite:			
Augitandesit	Saba	Hot Springs, reich an Tridymit.	Bergeat.
	Statia	White Wall, Signal Hill.	„ Molengraaff.
		The Quill, reich an Tridymit und mit Olivin.	Bergeat.
	S. Kitts	Mt. Misery, Brimstone Hill.	„
	Montserrat	Chances Mountains.	„
	Dominica	Soufrière bei Sulphur Springs.	„
	Santa Lucia	Zwischen Castries und D'Ennery.	„
	S. Vincent	Kingstown, olivinführend.	„
	Grenada	Zwischen S. George's und Victoria.	„
		Grand Étang, Whalehouse, Belvedère, Carrière, Minorca, Corinth.	Harrison.
Hornblendeandesit	Saba	—	Bergeat.
	Statia	Signal Hill.	Molengraaff.
	Nevis	Dunbar's Estate, vitrophyrisch.	Bergeat.
	Montserrat	Hamilton Mountain.	„
	Dominica	Laudat.	„
	Martinique	Morne Diamant.	„
	„	Pitons de Carbet.	J. S. Diller[3].
Hypersthenandesit	Montserrat	—	Th. H. Waller[4].

[1] The Rocks and soils of Grenada and Carriacou. London 1896.
[2] Mémoire sur les roches volcaniques des Antilles. Bull. Soc. géol. France. Sér. II. 8. 1851. p. 423—430.
[3] Volcanic Rocks of Martinique and S. Vincent. The National geographic Magazine. 13. 1902. 285—296.
[4] A Lava from Montserrat. Geol. Mag. 1883. p. 290.

Gesteinsart	Insel	Fundort	Bestimmt von:
Hypersthenandesit	Dominica	Freshwater Lake.	Bergeat.
	Martinique	Prêcheur, S. Pierre, zwischen Pitons de Carbet und Fort de France.	J. S. Diller.
	„	Carbet, Rivière Laillet, Westhang des Mont Pelé.	Lacroix.
	Santa Lucia	Castries, Morne Fortuné.	Bergeat.
	S. Vincent	Morne Garu, olivinreich, Soufrière — mittlerer Lavastrom.	„
Hypersthenaugitandesit	Statia	Lose Stücke am Meer, Einschlüsse im Tuff des Quill.	Molengraaff.
	Guadeloupe	—	Lacroix.
	Martinique	Mt. Calvaire, Morne rouge — Auswürfling —, S. Pierre, Morne Diamant.	Bergeat.
	S. Vincent	Soufrière – Lavastrom auf Südseite und Somma –, Layu, Rabaca Dry Rivers, Black Ridge, Morne Garu.	„
Hornblendepyroxenandesit	Statia	Signal Hill.	Molengraaff.
	Martinique	Zwischen Deux Choux und Fond S. Denis, Morne Diamant und — bimsteinartig — S. Luce.	Bergeat.
	S. Vincent	Grand Sable Estate.	„
	Grenada	S. George's, Grand Étang, Bellevue, Annandale, Mt. Hermon, Dunfermline, Springs, Mirabeau, Douglasdon, Tufton Hall, — z. Th. auch Hornblendeandesite.	Harrison.

Hornblendehypersthenandesit . . .	Martinique	Zwischen Fort de France und Pitons de Carbet, S. Pierre, Rivière Blanche.	J. S. Diller.
	„	S. Luce.	Bergeat.
Augitenstatitandesit	Grenada	Morne Jaloux.	Harrison.
Nicht näher bestimmte Andesite .	Dominica	Boiling Lake.	Bergeat.
	Martinique	Trois Rivières.	„
	Antigua	—	J. Purves [1].
dto. (= „Trachyte“)	Martinique	Mont Pelé, Gegend von Grande Rivière bis Basse Pointe, La Caravelle, Mt. Vauclin, Crêve-Coeur, Morne des petrifications etc.	Siemiradzki.
„Trachydolerite“	Guadeloupe	Grande Soufrière.	St. Claire Deville.
Trachyt	Dominica	Freshwater Lake; mit Hornblende: Blenheim; mit Hornblende und Hypersthen: Laudat.	Bergeat.
Rhyolith (gegen Dacit neigend) .	Santa Lucia	Soufrière, Petit Piton.	„
Dacit	Statia	White Wall, Bimstein.	Molengraaff.
	Nevis	Vulcan.	Bergeat.
	Montserrat	Flussgeröll bei Plymouth.	„
	Guadeloupe	Soufrière-Umgebung, z. Th. Bimstein u. Obsidian.	St. Claire Deville.
	Martinique	Piton de Carbet.	J. S. Diller.
	„	„ „ „	Lacroix.
	„	Usine de trois Rivières.	Bergeat.
	„	Pitons de Carbet, Fort de France, Gros Ilet, Trois Ilets = „Liparite“.	Siemiradzki.
	Santa Lucia	Choiseul.	Bergeat.
Diorit	S. Martin	—	P. T. Cleve.
Syenitporphyr	S. Martin und S. Barts	—	„

[1] Esquisse géologique de l'île d'Antigue. Bull. Mus. Roy. d'Hist. Nat. de Belgique. 3. No. 4. 1885.

Zusammenstellung von Gesteinsanalysen.

Gesteinsart:	Basalt	Augit-labradorit	Hypersthen-labradorit	Hypersthen-andesit	Hypersthenandesit-Auswürflinge des Mont Pelé				Dacit	Dacit (zersetzt)
Herkunft:	Ducos (Grande Savanne)	Fort de France	—	Carbet	Ausbruch 1851	Ausbruch 2./3. Mai 1902	Ausbruch v. 8. Mai 1902		Piton de Carbet	
							Bimstein	Asche auf SS. Roddam		
Insel:	Martinique	Martinique	Martinique	Martinique	Martinique				Martinique	
Analytiker:	Siemiradzki [1]	Pisani [2]	Pisani [2]	Pisani [2]	Pisani [2]	Pisani [2]	W.F.Hillebrand [3]	W.F.Hillebrand [3]	Pisani [2]	Siemiradzki [4]
SiO_2	46,39	53,21	58,10	60,22	60,15	59,40	61,07	60,01	60,12	75,67
Al_2O_3	24,94	18,81	20,11	19,50	18,31	18,51	17,55	17,54	20,90	} 18,60
Fe_2O_3	} 18,17	5,15	3,37	1,38	2,79	0,77	2,13	2,88	2,53	
FeO		6,45	4,20	4,15	3,33	4,59	4,13	4,30	3,94	
MgO	Spur	4,54	3,37	3,25	2,88	2,45	2,26	2,76	2,60	—
CaO	7,63	5,85	6,89	7,52	5,75	6,97	6,28	6,80	5,12	2,42
Na_2O	2,62	2,46	2,33	3,10	3,11	3,77	3,50	3,41	2,96	
K_2O	—	1,08	1,37	1,55	1,61	0,86	0,98	0,89	1,11	
H_2O	1,94						1,60	0,40		5,38
TiO_2		1,69	0,64	0,52	0,39	0,30	0,47	0,45	0,52	
P_2O_5		—	—	—	—	—	0,15	0,15	—	
SO_3		—	—	—	—	—	—	—	—	
Cl		—	—	—	—	—	—	—	—	
S		—	—	—	—	—	0,016	Spuren	—	
NiO		—	—	—	—	—	0,21	0,23	—	
MnO		—	—	—	—	—	0,02	0,03	—	Spur
BaO		—	—	—	—	—	Spuren	Spuren	—	—
Glühverlust		0,50	0,87	0,75	3,00	3,12			1,25	
	101,69	99,84	101,25	101,94	101,32	100,73	100,366	99,85	101,05	102,07

[1] Die geognostischen Verhältnisse der Insel Martinique. Diss. Dorpat 1884. p. 27. — [2] A. Lacroix, Les roches volcaniques de la Martinique. (Compt. rend. Mittheilung vom 9. Juni 1902.) — [3] J. S. Diller, Volcanic rocks of Martinique and S. Vincent. (The National Geographic Magazine. **13**. 1902. p. 291.) — [4] A. a. O. p. 24.

Zusammenstellung von Gesteinsanalysen.

Gesteinsart:	Hypersthenandesit		Doleritbasalt	Trachydolerit	Dacitbimstein	Obsidian	Dacitbimstein	Hornblendeaugitandesit	Andesit	Syenitporphyr	Diorit
Herkunft:	Auswürflinge der Soufrière von S. Vincent		Morne Échelle	Soufrière	Soufrière	Habitants	White Wall	Signal Hill		St. Bartholomew	Philippburg
	Bimsteinausbruch 7. Mai 1902	Aschenfall auf Barbados 7./8. Mai 1902	Guadeloupe	Guadeloupe	Guadeloupe	Guadeloupe	Statia	Statia	Saba		S. Martin
Analytiker:	George Steiger [1]	Dr. Pollard [1]	Deville [3]	Deville [3]	Deville [3]	Deville [3]	G. A. F. Molengraaff [4]		Th. Nordström [5]	P. T. Cleve [5]	
SiO_2 . . .	55,64	52,81	48,71	57,95	69,66	74,11	69,54	55,72	60,80	66,28	65,61
Al_2O_3 . .	18,21	18,79	20,00	15,45	9,69	10,44	12,68	16,01	16,34	16,23	17,26
Fe_2O_3 . .	3,63	3,28	11,25	9,45	8,39		4,01	7,41	0,68	2,71	2,47
FeO . . .	4,83	4,58				6,25			5,14	1,62	
MgO . . .	3,48	5,19	2,70	2,35	3,18	0,44	3,52	2,81	1,47	1,03	2,50
CaO . . .	8,14	9,58	10,95	8,30	3,32	2,12	4,41	8,59	6,92	4,03	7,66
Na_2O . .	3,55	3,23	3,08	3,03	3,32	4,84	3,71	4,79	6,71	3,36	4,19
K_2O . . .	0,58	0,60	0,38	0,56	1,52	1,15	1,43	3,30	1,12	1,60	1,09
H_2O . . .	0,74	0,37							0,37	2,65	
TiO_2 . . .	0,98	0,95					Spur				
P_2O_5 . . .	0,11	0,15									
SO_3 . . .	—	0,33									
Cl	—	0,14									
S	0,04	—									
NiO . . .	—	0,07 [2]									
MnO . . .	0,19	0,28	2,94	1,40	Spuren	0,78					
BaO . . .	0,03	—									
Glühverl. .							2,68				
	100,15	100,35	100,00	98,49	99,08	100,13	99,30	98,63	99,55	99,51	100,78

[1] The National Geographic Magazine. **13.** 1902. p. 291. — [2] Das von Dr. Pollard berichtete Vorkommen von Nickel und Cobalt wird übrigens von W. F. Hillebrand angezweifelt (The National Geographic Magazine. **13.** 1902. p. 299). — [3] Ch. St. Claire Deville, Mémoire sur les roches volcaniques des Antilles. (Bull. Soc. géol. France. Sér. II. **8.** 1851. p. 423—430.) — [4] Die Geologie van het Eiland St. Eustatius. Leiden 1886. p. 47 und 40. — [5] P. T. Cleve, On the Geology of the Northeastern West India Islands.

es sich bei der quarzhaltigen und quarzfreien Ausbildungsform chemisch gleichartiger Gesteine lediglich um die Verschiedenartigkeit der physikalischen Bedingungen während der Erkaltungsperiode handle.

Für das Verständniss der räumlichen Verbreitung der Gesteinsarten der Kleinen Antillen sind weitere chemische Untersuchungen, sowie ihres gesetzmässigen Verhältnisses untereinander unbedingt nothwendig. Eine Auswahl der charakteristischen Analysen von Antillengesteinen, welche die vorhandene Literatur zur Verfügung stellt, mag in vorstehender Tabelle p. 44 und 45 zusammengestellt sein. Die bezüglich des Kieselsäuregehalts extremsten Analysen, von Siemiradzki stammend, sind wohl nicht ganz so vertrauenswürdig wie die übrigen; namentlich fällt der ausserordentlich hohe Kieselsäuregehalt des Dacit vom Piton de Carbet im Vergleich zu der Analyse Pisani's auf; aber es ist ja nicht unmöglich, dass Siemiradzki zufällig ein besonderes kieselsäurereiches Stückchen benutzt hat. Wegen dieser Erwägung habe ich auch von den chemischen Analysen dieses Forschers nicht ganz Abstand nehmen wollen; ich hebe aber hervor, dass man wesentlich geringere Schwankungen des Kieselsäuregehalts der Antillengesteine constatiren müsste, wenn man die genannten extremen Analysenresultate ausscheiden wollte.

Wenn übrigens die Gesteine in räumlicher Hinsicht keine durchgreifende Gesetzmässigkeit der Anordnung erkennen lassen, so muss man bei dem heutigen Stand unserer Kenntniss denselben Mangel an Gesetzmässigkeit auch für die zeitliche Aufeinanderfolge feststellen. Denn wenn auch die ältesten Eruptivgesteine im N. (S. Martin, S. Barts), wie im Centrum (Trachyt im Grundgebirge von Dominica) sich durch recht hohen Kieselsäuregehalt auszeichnen, so kommen doch in dem vermuthlich nicht jüngeren Grundgebirge anderer Inseln (Saint Lucia, Grenada) bereits mässig saure Gesteine (Andesite) vor, so dass man also mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit darauf schliessen kann, dass bereits in alttertiärer Zeit recht verschiedenartige Magmen gefördert wurden. Nach Lacroix'[1] Untersuchungen haben die Ausbruchsproducte des Mont Pelé

[1] Compt. rend. Mittheilung vom 9. Juni 1902.

seit dem Bestehen des Vulcans kaum variirt und nach Bergeat's Bestimmungen sind bedeutende Schwankungen im Charakter verschiedenalteriger Producte der Soufrière von S. Vincent ebenfalls nicht vorhanden. Dagegen steht fest, dass an manchen Punkten der Kleinen Antillen zu verschiedenen Zeiten recht verschiedene Producte hervorgebracht worden sind und dass in der jüngsten geologischen Vergangenheit sowohl saure als auch basische Producte geliefert worden sind (Dacite auf Statia und Guadeloupe, Basaltlavaströme auf S. Kitts, Montserrat, Martinique, Grenada). Man kann aus dem Gesagten mit Bestimmtheit den Schluss ziehen, dass eine gesetzmässige zeitliche Aufeinanderfolge der Eruptivgesteinsarten fürs Gesammtgebiet nicht vorhanden ist, und dass auch für bestimmte Einzeleruptionscentren eine grössere Variation des gelieferten Magmas nicht vorhanden ist, womit allerdings die Möglichkeit nicht bestritten werden soll, dass sich bei genaueren Nachforschungen für gewisse Einzelgebiete oder ganze Inseln eine gesetzmässige Aufeinanderfolge bestimmter Gesteinsarten nachweisen lassen dürfte. Thatsächlich ist ja die zeitliche Aufeinanderfolge verschiedener Gesteinsarten an einzelnen Punkten schon nachgewiesen (Soufrière von Guadeloupe, Mont Misery auf S. Kitts), aber es fehlt auch da noch an genügenden Einzeluntersuchungen.

d) Art des Auftretens der Eruptivgesteine.

Wie die Gesteine in räumlicher und zeitlicher Aufeinanderfolge im Gebiet der Kleinen Antillen die grössten Verschiedenheiten zeigen, so auch in der Form ihres Auftretens. Bald beobachtet man gewachsenen Fels, und zwar in weiter Erstreckung und grosser Mächtigkeit, namentlich im Innern von Dominica, Saint Lucia und Grenada, so dass man an bedeutende Massenergüsse denken muss, ohne freilich im Einzelnen den Bildungsvorgang analysiren zu können; bald findet man Tuffe, Breccien, Conglomerate der verschiedenartigsten Ausbildung und des verschiedensten Alters, von den eocänen Tuffen Guadeloupes an bis zu den jüngst gebildeten Tuffen der beiden Antillenvulcane, bald Stöcke, bei denen man zweifeln kann, ob man es mit Kernen alter Stratovulcane,

mit Lakkolithen[1] oder mit Staukegeln zu thun hat, bald Gänge, bald typische Lavaströme.

Soweit sich die geologischen Verhältnisse überschauen lassen, ist der Charakter der Ausbrüche innerhalb der Kleinen Antillen nach Raum und Zeit gleichgeblieben, wie denn auch manche Tuffe Montserrats durchaus den recenten Tuffen S. Vincents gleichen[2], und wie andererseits nach Anderson und Flett die älteren Tuffe S. Vincents nach Art der Zusammensetzung wie des Materials ganz den neuen gleichen. Zwar sind eruptive Massenergüsse, wie sie in alttertiärer Zeit vorkamen, aus der jüngeren Zeit nicht mehr beobachtet worden; auch sind in historischer Zeit Lavaströme nicht nachgewiesen, obgleich solche noch in der jüngsten Quartärzeit vielfach geflossen sein müssen. Dagegen ist im Krater des Mont Pelé ein Magmaausfluss eigenartigster Ausbildung unter unseren Augen erfolgt. In manchen Gebieten überwiegen die Lavaströme über die geförderten Lockermassen desselben Eruptionscentrums bedeutend (z. B. im Centrum von S. Vincent: Morne Garu und Richmond Hill), in anderen überwiegen die Lockermassen über die Lavaströme (z. B. im Südtheile von S. Vincent), an anderen Stellen sind Lavaströme überhaupt nur äusserst spärlich vorhanden (z. B. am Massiv des Mont Pelé). Infolge dessen beobachtet man im Gebiet der inneren Kleinen Antillen trotz des gleichen vulcanischen Ursprungs doch recht grosse Mannigfaltigkeit des geologischen Baus, der nur durch peinliche Detailarbeit einmal später wird entschleiert werden können.

Diese Detailarbeit wird durch verschiedene Umstände wesentlich erschwert: einmal verhindert in normalen Zeiten die üppige Vegetation bis zu einem recht beträchtlichen Grad den Einblick in die geologische Structur der Einzelgebiete; dann aber erschwert die tiefgehende und rasche Zersetzung der Gesteine das Erkennen ihres Ursprungs, und schliesslich zerstört die ungemein rasch wirkende Abtragung frühzeitig die Form der neugeschaffenen vulcanischen Gebilde. Schuld an allen diesen drei Hauptschwierigkeiten der geologischen

[1] A. Lacroix, in Compt. rend. Mittheilung vom 9. Juni 1902.

[2] E. Howe, Recent Tuffs of the Soufrière. Amer. Journ. of Sc. 16. 1903. p. 319.

Untersuchung der Kleinen Antillen ist neben der tropischen Wärme der starke Regenfall, und da derselbe auf der stets den Passatwinden ausgesetzten Ostabdachung der südlichen Kleinen Antillen wesentlich grösser ist als auf der Westabdachung derselben Inseln oder auf den nördlichen Kleinen Antillen, so ist in dem erstgenannten Gebiet auch die Schwierigkeit der geologischen Erforschung am grössten.

Die Zersetzung des Gesteins macht es manchmal sogar schwer, festzustellen, ob man es mit anstehendem zersetzten Gestein oder mit Tuffen zu thun hat und Anderson und Flett haben diese Schwierigkeit an einer verhältnissmässig gut geschichteten, zahlreiche Blöcke und gerundete Bruchstücke einschliessenden, dunkelgelben bis braunen Erde im S. von S. Vincent erfahren müssen. Sie neigen schliesslich der Ansicht zu[1], dass es sich um abgeschwemmte Partikeln zersetzten Gesteins handle. Sie schliessen folgendermaassen: „wären es Tuffe, entstanden durch Absatz von Aschen und Bomben der Soufrière, so müsste man annehmen, dass dieselben in der Nähe des Feuerbergs besonders stark entwickelt sein müssten, während sie dort thatsächlich nicht beobachtet werden“. Da aber die Erfahrung beim Santa Maria-Ausbruch gezeigt hat, dass auf geneigtem Gelände die Aschen in weiter Entfernung vom Vulcan durch die nicht zerstörte Vegetation vor der Abtragung wirksam beschützt werden, während in der Nähe des Vulcans die unbeschützten Aschenmassen trotz ursprünglicher grösserer Mächtigkeit rascher Abtragung unterliegen, so bin ich der Ansicht, dass es sich bei dem fraglichen Gebilde im S. von S. Vincent thatsächlich um Tuffe der Soufrière handle.

e) Lage der Eruptionscentren.

Da die rasch wirkende Abtragung die vorhandenen topographischen Gebilde sehr bald angreift und unter theilweiser Zerstörung umgestaltet, so ist man selbst in jenen Gebieten, wo entzückend schöne Aufschlüsse den Bau einzelner Inseltheile klarlegen (Westküste von S. Vincent, Nordwestküste von Statia), nicht im Stande, die Lage der Eruptionscentren

[1] A. a. O. p. 368.

genau festzulegen, sondern muss zufrieden sein, wenn man eine begründete Vermuthung für die ungefähre Lage aussprechen kann. Aus diesem Grunde ist es auch nicht möglich, eine gute Liste der jungvulcanischen Centren aufzustellen, und wenn ich im Nachfolgenden die Lage und Höhe einiger Punkte der Kleinen Antillen mittheile, die als gegenwärtige oder frühere Centren (Epicentren) vulcanischer Thätigkeit angesehen werden könnten, so geschieht es unter allem Vorbehalt, denn es ist sicher, dass eine nennenswerthe Zahl sonstiger Eruptionspunkte vorhanden ist; bei manchen der mitgetheilten Positionen ist nur der höchste Punkt der Vulcanruine fixirt, ohne dass damit irgend welche Angabe über die wirkliche ehemalige Lage des Epicentrums gemacht sein sollte, in manchen Fällen erlaubten auch die Einzeichnungen der mir zugänglichen (britischen) Seekarten keine scharfe Fixirung der Lage, so dass die mitgetheilten Positionen z. Th. nur als annähernd richtig angesehen werden können.

Positionen der Vulcane und einiger Gipfelpunkte von Vulcanruinen.

Insel	Punkt	Breite	Länge W. Gr.	Höhe über dem Meer in m
Saba	Peak 2820′	17° 38′ 25″	63° 13′ 47″	860
Statia . . .	Signal Hill	17 30 04	62 59 03	226
	The Quill	17 28 56	62 57 15	581
S. Kitts . .	Mt. Misery	17 22 44	62 47 54	1315
	Brimstone Hill	17 21 11	62 49 49	237
	Middle Range	17 22 17	62 47 00	1089
	SE.-Ridge (St. Patricks Hill)	17 20 10	62 45 30	1011
	Otley's Level	17 18 56	62 45 40	579
	Monkey Hill	17 19 20	62 43 32	402
Nevis . . .	Vulcan	17 08 57	62 34 01	1096
Redonda . .	ca.	16 55 30	62 20 40	305
Montserrat .	Centre Hills	16 45 11	62 11 18	747
	Chances Mountain . .	16 42 24	62 10 35	915
	Soufrière Mountain . .	16 41 20	62 10 06	763
	S. George's Hill . . .	16 43 09	62 12 08	366
Guadeloupe .	Grosse Montagne (?) (La Couronne) . ca.	16 13 50	61 43 05	861
	Deux Mamelles . . .	16 10 40	61 43 52	772

Insel	Punkt	Breite	Länge W. Gr.	Höhe über dem Meer in m
Guadeloupe .	Grande Soufrière . . .	16° 02′ 38″	61° 39′ 30″	1484
	La Citerne	16 01 43	61 39 15	ca. 1200
	Houëlmont	15 58 43	61 41 15	700
Les Saintes .	Terre d'en Haut . . .	15 51 30	61 35 15	318
Dominica . .	Morne au Diable . . .	15 36 45	61 26 33	889
	Morne Diablotin . . .	15 30 13	61 24 20	1447
	Grande Soufrière . . .	15 18 10	61 18 34	1242
	Morne Anglais	15 16 54	61 20 12	1142
	Morne Plat Pays . . .	15 14 45	61 21 03	958
Martinique .	Mont Pelé . . . . ca.	14 48 50	61 10 12	1349
	Pitons de Carbet . . .	14 42 12	61 06 58	1207
	Morne Bigot (?) . . .	14 31 30	61 04 38	400 (?)
	Mont Vauclin	14 33 35	60 53 35	505
	Morne Diamant . . .	14 27 53	61 06 13	478
S. Lucia . .	Mont Gimie (bei Piton Canarie)	13 52 06	61 01 12	959
	Grand Magasin . . .	13 49 51	61 00 20	645
	Sulphur Hot Springs (Soufrière)	13 50 32	61 03 14	340
	Gros Piton	13 48 57	61 04 28	798
S. Vincent .	Soufrière: Somma . .	13 20 35	61 11 16	1234
	„ Krater (Centrum)	13 19 40	61 11 25	
	Morne Garu	13 17 12	61 12 25	1079
	Grand Bonhomme . .	13 12 48	61 12 24	973
Grenadines .	Carriacon Punkt 980′ .	12 29 30	61 26 30	299
Grenada . .	Punch-Bowl . . . ca.	12 11 35	61 38 05	255
	Lake Antoine	12 11 20	61 36 30	95
	Mt. S. Cathérine . . .	12 09 48	61 40 12	838
	Grand Étang	12 05 55	61 41 30	ca. 580
	Mt. Sinai	12 04 30	61 41 30	701

In einzelnen Fällen sind die Eruptionscentren ziemlich zerstreut über das Inselareal (Nordhälfte von Statia, Dominica), in anderen Fällen sind sie in der Mittellinie der Inseln angeordnet (S. Kitts, Montserrat, Guadeloupe, S. Vincent, Grenada). Auf Grenada sind freilich zwei typische Stratovulcane (Punch-bowl[1] und Lake Antoine) abseits von dieser Medianlinie vorhanden, aber dieselben sind so unbedeutend, dass sie

[1] Diesen kleinen Lapillivulcan hat Herr Dr. E. Howe-Washington Februar 1903 besucht.

nur als nebensächliche Adventivgebilde aufgefasst werden können. Ausser diesen ebengenannten Stratovulcanen sind als typische Vertreter dieser Classe nur zu nennen: Soufrière von S. Vincent, Mont Pelé, Citerne, Soufrière von Montserrat, Vulcan von Nevis, Mt. Misery auf S. Kitts und The Quill (Punch-bowl) von Statia.

f) Vulcanische Ausbrüche.

Vulcanische Eruptionen werden berichtet von der Soufrière von S. Vincent (1718, 1812, 1902 und leichtere Thätigkeit 1814 und 1880[1]), vom Mont Pelé (1762[2], 1851 und 1902) und vom Mt. Misery (1693[3]), ausserdem vom Boiling Lake (Grand Soufrière) von Dominica (4. Januar 1880[4]), vom Qualibou auf Saint Lucia und von der Soufrière von Guadeloupe (1778, 1796, 1797, 1802, 1836, 1837 und 1846). Ihre Fumarolen zeigten auch im Januar 1903 erhöhte Thätigkeit und überschütteten die Umgebung mit einem feinvertheilten weisslichen Stoffe, den Dr. Colardeau gesammelt und mir übergeben hat: Schwefel, nach A. Bergeat's Bestimmung. Anderson und Flett lassen den Ausbruch des Qualibou, der nichts Anderes ist als die Soufrière von Saint Lucia, p. 534 ihres Report im Jahr 1766, p. 535 im Jahr 1776 erfolgt sein; da die MS.-Beschreibung von St. Lucia von Lefort de Latour vom Jahre 1789 die Eruption etwa 20 Jahre früher als die Abfassung des MS. setzt und da auch L. v. Buch[5] 1766 angibt, so ist wohl letztere Zahl die richtige. Lefort de Latour schreibt darüber: „L'espace où sons situés les bassins (Schlammquellen) et quelques rochers calcinés qui les environnent sont

[1] Anderson und Flett, a. a. O. p. 475.

[2] Leop. v. Buch, Physikalische Beschreibung der Kanarischen Inseln. Berlin 1825. p. 404 und Mercalli, Le antiche eruzioni de M. Pelé. (Atti Soc. Ital. di Scienze Nat. **41**.)

[3] Philos. Trans. **18**, wo gelegentlich der Beschreibung des grossen Bebens vom 7. Juni 1692 auf Jamaica Folgendes erwähnt wird (p. 99): „S. Christophers, one of the Caribee Islands, was heretofore much troubled with Earthquakes, which upon an Eruption of a great Mountain there of Combustible Matter, which still continues, wholly ceased, and have never been felt there since.“ (Der Brief ist datirt: 3. Juli 1693.)

[4] Nature. **21**. 1880. p. 372. (Mittheilung von Dr. A. Nicholls.)

[5] A. a. O. p. 403.

seuls privés de toute vegetation. Ces bassins font encore de temps en temps quelques petites explosions. On compte environ vingt ans de la dernière qui repandit au loin une legère couche. Il y a tout lieu de croire que c'est la dernière marque du courroux de la nature dans cet endroit." Ob man es hier mit einem eigentlichen Vulcanausbruch zu thun hatte, scheint mir nach den dürftigen Worten der Beschreibung nicht sicher gestellt.

Als eine Äusserung vulcanischer Kräfte sind anzusehen die Erdbebenserie von Montserrat 1896—1899, die damals stark um sich greifende Ausdehnung der am Abhang von Chances Mountain gelegenen Soufrièren[1] und die zuweilen sehr starken Schwefelexhalationen jener Zeit. Zu einem Ausbruch ist es aber nicht gekommen.

Dagegen scheint am 9. Mai 1902 westlich von Castries (St. Lucia) ein leichter submariner Ausbruch erfolgt zu sein. Major Hodder schreibt darüber[2]:

„On Friday, the 9th instant, about 12 noon, I observed two large white patches on the sea, bearing about 294°, from the Garrison Office at Morne Fortuné. They were at a distance (estimated by various persons) of 8000 to 10000 yards. These patches remained in the same position in sight till about 1.30 pm., when they disappeared. At first I considered they were floating pumicestone, but soon came to a different conclusion, when I saw they did not shift their position to any extent; besides they gave the appearance of bubbling. The patches were irregular in shape, but approximating to oval. The large patch was perhaps 150 yards long and 100 in diameter; the smaller one, say 100 long and 60 in diameter. They were distant from each other by about half a mile.

Staff-Sergeant Crowhurst, R. E., states he saw these patches at 8.30 am. on the same day, and that they never shifted their position until they disappeared at 1.30 pm. All this leads me to conclude that a volcanic vent exists in the sea at this point.

---

[1] Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 281 f.

[2] Anderson und Flett, Report p. 535 f.

On the following day I think I detected a slight white patch of a similar sort in exactly the same place, but am not certain of this."

Da St. Lucia mehrere Meilen östlich von der Mittelcurve der Vulcanreihe der Kleinen Antillen liegt, erscheint die Möglichkeit eines submarinen Ausbruchs an der beschriebenen Stelle nahe der Mittellinie der Inselreihe wohl denkbar.

Dagegen haben Anderson und Flett[1] überzeugend nachgewiesen, dass die merkwürdige Unruhe des Meerwassers in der Carenage von S. George's am 18. November 1867 und am 6. Juni 1902 lediglich Wirkung von Fluthwellen war.

g) Die Ursachen der vulcanischen Ausbrüche.

Über die Ursachen der Ausbrüche der Antillenvulcane irgend eine Vermuthung zu äussern, ist schwierig, denn man weiss eben über die Ursachen vulcanischer Ausbrüche sowie über Art und Zustand der vulcanischen Herde überhaupt so gut wie gar nichts Positives und entbehrt demgemäss der Grundlagen, auf die man weitere Schlüsse aufbauen könnte. Man weiss ja nicht einmal, ob lediglich terrestrische Ursachen oder möglicherweise auch ausserirdische Einflüsse die Veranlassung von Ausbrüchen sein können und ist deshalb bei der Suche nach den Gründen derselben ausserordentlich behindert. Immerhin legt aber die Thatsache, dass die Vulcane der Erde der Mehrzahl nach auf Gebiete namhafter tektonischer Störungen und damit auch geringerer Widerstandsfähigkeit concentriert sind, die Vermuthung nahe, dass Krustenbewegungen der Erde in irgend einem bestimmten Zusammenhang zu vulcanischen Erscheinungen stehen dürften. In der That hat auch Angelo Heilprin[2] in Anlehnung an Suess'sche Darlegungen die vulcanischen Erscheinungen der Kleinen Antillen im Allgemeinen und Besonderen auf tektonische Ursachen zurückführen zu dürfen geglaubt und ähnlich haben auch Anderson und Flett die auffallende Übereinstimmung in der jüngsten Thätigkeit der beiden Antillenvulcane[3] auf

[1] A. a. O. p. 536 f.

[2] Mont Pelée and the tragedy of Martinique. Philadelphia and London 1903. p. 257—270.

[3] A. a. O. p. 533.

eine gemeinsame Ursache zurückgeführt, nämlich auf „the existence of internal pressures and stresses in that part of the earth's crust, of which the Caribbean fold is one of the dominant ridges. The volcanic chain of the Windward Islands occupies the summit of one of the great earth folds of this region.“ Ebenso bringt J. W. Spencer[1] die vulcanische Thätigkeit auf den Kleinen Antillen in Beziehung zu Krustenbewegungen und glaubt sogar die Hauptperioden derselben auf die Zeit der bedeutsamen, von ihm angenommenen Niveauschwankungen einschränken zu dürfen.

Thatsache ist freilich, dass zur Zeit der grossen Ausbrüche der Antillenvulcane in den Gewässern der Kleinen Antillen zahlreiche Kabelbrüche vorkamen, die man wohl auf Bodenbewegungen und Sedimentverschiebungen am Meeresgrund zurückführen muss; aber es bleibt fraglich, ob diese Bewegungen Ursache, Veranlassung oder Folge der vulcanischen Thätigkeit gewesen sind und angesichts des Umstands, dass weder vor noch nach den grossen Ausbrüchen eine zufriedenstellende eingehende Sondirung des Meeresgrundes vorgenommen worden ist, ist es fast unmöglich, zuverlässige Schlüsse zu ziehen. Am Festland haben sich Niveauverschiebungen (wie sie z. B. nach dem Erdbeben vom 18. April 1902 für einen Theil von Guatemala sichergestellt erscheinen) nicht nachweisen lassen, und die einzige grössere Senkung, die beobachtet worden ist (an der Küste von Wallibu: ein Landstreifen, ca. 180 m breit und etwa $1\frac{1}{2}$ km lang), glauben Anderson und Flett auf Nachsacken und Abrutschen der Sedimentmassen infolge der Erderschütterungen auf dem ziemlich steil (16^0) geneigten Meeresboden zurückführen zu dürfen. Sie weisen aber auf die Möglichkeit hin, dass in der Nähe (submarin) eine Verwerfung vorbeistreiche, und es ist bemerkenswerth, dass gerade aus der Bucht von Chateaubelair (Ende Januar 1903) gemeldet wurde, dass der Ankergrund sich wesentlich gesenkt habe. Interessant ist auch die Mittheilung, dass am 7. Mai $12^h\,30^m$ pm. (also $1\frac{1}{2}$ Stunden vor der Katastrophe) die Küste bereits in langsamer Senkung

[1] On the geological relationship of the volcanoes of the Westindies. Paper read before the Victoria Institute. 20. April 1903.

begriffen war. Aber das Thatsachenmaterial ist im Ganzen äusserst dürftig. Wenn ich daher auch geneigt bin, Krustenbewegungen der Erde als Ursache oder Veranlassung der Antilleneruptionen anzunehmen, so vermag ich doch nicht genügend Anhaltspunkte zu finden, um diese Ansicht mit gleicher Bestimmtheit zu vertreten, wie bei den mittelamerikanischen Ausbrüchen desselben Jahres.

In höchstem Grade fällt bei den beiden Antillenvulcanen die ausserordentliche zeitliche Annäherung mehrerer Hauptausbrüche auf und legt die Vermuthung einer engen unmittelbaren Verbindung beider Vulcanherde nahe; ja man könnte sich versucht fühlen, geradezu an einen gemeinsamen Herd zu denken, der freilich — wie die Auswürflinge zeigen — in seinen verschiedenen Theilen verschiedenes chemisches Verhalten aufwiese, und zwar nicht nur momentan, etwa in Form local auftretender Schlieren, sondern dauernd, wie der gleichartige petrographische Charakter der Gesteine beweist, die jedes der beiden Eruptionscentren im Lauf seiner Existenz gefördert hat. Aber leider ist auch hier eine zwingende Beweiskette nicht zu schlingen; denn der Mangel einer zeitlichen Übereinstimmung bei anderen Ausbrüchen scheint gegen eine unmittelbare Verbindung und für eine relativ grosse Selbständigkeit der beiden Herde zu sprechen. Man kann sich die Gleichzeitigkeit der Hauptausbrüche der Antillenvulcane ja auch — ohne Rücksicht auf etwaige Verbindung der Herde — so entstanden denken, dass eben ein und dieselbe Ursache, etwa eine grossräumige Krustenbewegung, an beiden Orten zugleich auf eine vulcanische Entladung hingedrängt habe. Meines Erachtens vermögen beide Erklärungsversuche die Gleichzeitigkeit dieser Hauptausbrüche befriedigend zu erklären und es liegen bisher keine Thatsachen vor, die zu der Annahme der einen und zur Ablehnung der anderen Hypothese zwingen würden. So viel aber scheint mir wahrscheinlich zu sein, dass man bei dieser Erscheinung nicht an ein blosses Relaisverhältniss denken darf, denn die ungefähr gleich grosse, unter allen Umständen aber gewaltige Energie der beiderseitigen Ausbrüche scheint mir auch auf eine an beiden Orten ungefähr gleich mächtig wirkende Ursache hinzudeuten, eine Ursache, die wir freilich noch nicht näher definiren

können, von der wir aber wissen, dass sie mehrmals mit grosser Energie wirksam gewesen ist.

Wenn ich aber hier an ein Relaisverhältniss nicht denken kann, so scheint doch ein solches in den letzten Jahrzehnten für die seismischen und vulcanischen Ereignisse Mittelamerikas und der Antillen trotz der grossen Entfernung (gegen 3000 km) bestanden zu haben. Anderson und Flett[1] weisen für die früheren vulcanischen Ereignisse auf Humboldt's Vermuthungen eines Zusammenhangs zwischen denselben und Erdbeben anderer, nicht allzu weit entfernter Gegenden hin:

1692 Erdbeben von Port Royal, Jamaica und Ausbruch auf St. Kitts,
1766 Erdbeben von Cumana (Venezuela) und Ausbruch des Qualibou, Saint Lucia,
1796 Erdbeben von Quito und (27. Sept.) Ausbruch der Soufrière, Guadeloupe,
1800—1802 zahlreiche Beben in Venezuela und (Febr. 1802) Ausbruch der Soufrière, Guadeloupe,
1812 (26. März) Erdbeben von Caracas und (24. April) Ausbruch auf S. Vincent.

Es ist schwer, bei einzelnen dieser Ereignisse klar zu sehen, da die Nachrichten zu dürftig fliessen, so z. B. bei dem erstgenannten Vulcanausbruch, über den laut oben mitgetheilter Nachricht nur so viel sicher bekannt ist, dass der Ausbruch im Juli 1693 noch fortdauerte, während über die Zeit des Beginns nichts festzustehen scheint.

Wesentlich zuverlässiger und ausführlicher sind natürlich die Nachrichten über die jüngsten Ereignisse, weshalb auch fast alle Geologen, die sich mit den jüngsten vulcanischen Phänomenen der Kleinen Antillen befasst haben, auf die zeitliche Annäherung der seismischen und vulcanischen Ereignisse Mittelamerikas hinweisen. Bedeutsam erscheint mir nun, dass die beiden wichtigsten vulcanischen Ereignisse, die in den letzten Jahrzehnten in Mittelamerika vorgekommen sind (Bildung des Ilopango-Vulcans und Ausbruch des Santa Maria mit ihren Vorerscheinungen) auch im Antillen-Gebiet

---

[1] A. a. O. p. 533 ff.

ein Echo gefunden haben, — was ich eben als Relaisverhältniss deute.

Am 20. oder 21. December 1879 hatte die grosse Serie von Erdbeben[1] begonnen, die auf besondere Ereignisse im Ilopango-See hinwiesen; am 25. December hatte ein Ausbruch des Izalco mit heftigen Detonationen eingesetzt; 27. December schweres Beben, Entstehung neuer Quellen; am 31. December schweres Erdbeben in ganz Salvador; 6., 9., 11. Januar 1880 Steigen des Wassers des Ilopango-Sees, 12. Januar starkes Fallen desselben, starker Schwefelgeruch; 20. Januar bis 23. Februar Bildung des Ilopango-Vulcans, März 1880 Ausbruch des S. Ana. Auf den Antillen aber erfolgte am 4. Januar 1880 der Ausbruch des Boiling Lake auf Dominica und in der Nacht vom 22. auf 23. Januar setzte in der Cordillere von Vuelta Abajo eine länger dauernde Erdbebenserie ein, die schon P. Salterain[2] in Beziehung zum Ilopango-Ausbruch gebracht hat.

Ähnliche zeitliche Annäherung seismischer und vulcanischer Ereignisse Mittelamerikas und der Antillen[3] zeigte auch das Jahr 1902: 18. April Erdbeben in Guatemala, 23. April leichte Beben auf Martinique, 7. Mai Katastrophe von S. Vincent, 8. Mai Katastrophe von S. Pierre, 10. Mai Wiedererwachen der vulcanischen Thätigkeit des Izalco; 30. August Katastrophe von Morne Rouge, 3. September Ausbruch von S. Vincent, 5. September Lavastrom des Izalco; 15./16. October Ausbruch von S. Vincent, 24./25. October Ausbruch des Santa Maria.

Vermögen wir auch nicht zu sagen, in welcher Weise die einen Ereignisse die anderen beeinflusst haben, so erscheint es doch in hohem Grade unwahrscheinlich, dass alle diese zeitlichen Annäherungen lediglich auf die Rechnung des Zufalls gesetzt werden könnten. Jedenfalls kann man sich vorstellen, dass die schweren Beben, welche die oben erwähnten

---

[1] F. de Montessus de Ballore, Temblores y erupciones volcanicas de Centro-America. San Salvador 1884. p. 127—165.

[2] Ligera Reseña de los temblores de tierra ocuridos en la Isla de Cuba. Bol. Com. Mapa geol. de España. **10**. 1883. p. 371—385. Citirt in Suess, La Face de la terre. **1**. 736.

[3] Verhandlungen des XIV. deutschen Geographentags zu Köln 1903. p. 15 ff.

zwei vulcanischen Ereignisse in Mittelamerika einleiteten, auch auf weite Entfernungen hin sich noch hinreichend kräftig fühlbar machen konnten, um das labile Gleichgewicht vorhandener Spannungen zu stören und damit vulcanische oder seismische Ereignisse zu veranlassen.

h) Die Form der Antillenvulcane[1].

Was die Form der Antillenvulcane betrifft, so ist schon oben hervorgehoben worden, dass dieselbe bei zahlreichen Vulcanen so stark zerstört ist, dass sie nicht reconstruirt und daher auch die genauere Lage der Eruptionscentren nach dem gegenwärtigen Stand unseres Wissens nicht festgestellt werden kann. Molengraaff hat letzteres zwar für die stark veränderten Oberflächengebilde des Nordtheils von Statia versucht; soweit ich die Gegend kenne, scheint mir aber nur die Localisirung des Signalhill als Eruptionscentrum völlig zweifellos.

Recht stark zerstört ist die äussere Form auch bei folgenden, durch manche Aufschlüsse sicher als Stratovulcane zu erkennenden Bergen: Chances Mountain und Soufrière Mountain auf Montserrat, sowie Morne Garu auf S. Vincent. Besser erhalten ist dagegen die äussere Vulcanform beim Kegel von Nevis, dessen Kraterumwallung allerdings auf der WNW.-Seite so vollständig zerstört ist, dass es mir nicht möglich war, vom Gipfel oder vom Meer aus festzustellen, ob ein oder zwei nahe benachbart liegende Gipfelkrater ursprünglich vorhanden gewesen seien. Ungünstige Witterung und die üppige Waldbedeckung machten mir einen genaueren Einblick in den Bau des Berges überhaupt unmöglich. Hovey erwähnt[2] das Vorkommen von Überresten eines alten Ringwalls vom Somma-Typus. Ich selbst habe nach dem wenigen, was ich selbst beobachten konnte, nicht gewagt, diese Ansicht zu äussern, obgleich die umliegenden Hügelkämme sie nahelegen.

Typische Stratovulcane mit wohlerhaltenem Krater sind, wie schon erwähnt, nur spärlich auf den Kleinen Antillen

---

[1] Vergl. die Profile auf Taf. II.

[2] The American Museum Journal. 3. 1903. p. 54.

vorhanden. Der regelmässigste Berg dieser Art ist The Quill (früher auch Punch-bowl genannt) auf S. Eustatius, den G. A. F. Molengraaff sehr sorgfältig beschrieben und durch Profile[1] veranschaulicht hat. Höchster Punkt der Kraterumwallung 581 m im O. des Kraters; tiefste Einsenkung der Umwallung 391 m; Kraterboden 297 m über dem Meer; Durchmesser des fast kreisrunden Kraters nahezu 750 m. Die mir zugängliche Seekarte von Statia der englischen Admiralität (No. 487) gestattet leider ebenso wenig wie die Übersichtskarte der nördlichen Kleinen Antillen (engl. Admiralität No. 2600) die submarine Böschung des Südtheils von Statia weithin zu verfolgen. So viel ist aber deutlich zu erkennen, dass auf der NO.-Seite die Böschung sanfter ist als auf der SW.-Seite und dass der eigentliche Vulcankegel sich noch ziemlich weithin gleichmässig unter dem Meeresniveau fortsetzt, bezw. sanft abflacht, dass also die relative Höhe des Berges um mindestens 200 m höher angesetzt werden muss, als seine Erhebung über dem Meeresspiegel angiebt.

Auch Mt. Misery hat eine relative Höhe, die um mehrere hundert Meter grösser ist als seine Erhebung über dem Meer, wie das nach Seekarte No. 487 der englischen Admiralität entworfene Profil anzeigt. Der Krater hat nach der Seekarte einen Durchmesser von ungefähr 900 m und ist sehr tief eingesenkt. Der höchste Punkt der Umwallung (Mt. Misery 1315 m) befindet sich etwa ostnordöstlich vom Kratermittelpunkt; ihm gegenüber befindet sich die tiefste Einsenkung der Umwallung (ca. 930 m über dem Meer). Der Kraterboden (760 m über dem Meer) ist flach nach SW. geneigt, weshalb sich auch die Regenwässer am SW.-Ende desselben zu einem kleinen See ansammeln, der sich zur Zeit meines Besuchs (9. März 1903) am Fuss einer fast senkrechten Felswand in einer Länge von 115 m (NW.—SO.) und einer Breite von 40 m ausdehnte, aber in der Regenzeit ein wesentlich grösseres Areal beansprucht. Nordöstlich von diesem kleinen Wassertümpel befindet sich, in 830 m Höhe beginnend, am Hang der Kraterwände eine Reihe von Schwefelquellen und Fumarolen, die sich in geringer Thätigkeit befanden und Temperaturen

[1] A. a. O. Taf. II.

von + 93,2 bis + 95,8° C. aufwiesen. Zwischen Mt. Misery und der tiefsten Einsenkung verläuft der Kraterumwallungskamm sehr unregelmässig; namentlich beobachtet man im NW. und S. zwei nennenswerthe secundäre Erhebungen.

Die Grande Soufrière von Dominica, in deren schlecht erhaltenen Kratern[1] der Boiling Lake, sowie starke Fumarolen, Schwefel- und Schlammquellen sich befinden, und die Umgebung der Soufrière (Sulphur Springs) von Saint Lucia[2] sind nicht hinreichend bekannt, als dass sich eine genauere Schilderung ihres Baus und ihrer Oberflächengestaltung geben liesse. Dasselbe gilt von der Citerne von Guadeloupe, die nach Mittheilungen der Herren Camille Thionville und Charles Colardeau einen sehr regelmässigen Krater einschliesst, dessen Kratersee etwa 200 m Durchmesser besitzt und sich 420 m unterhalb der Kraterumwallung (ca. 1200 m) befindet.

Die Montagne Pelée stellt einen typischen Stratovulcan dar, an dessen Aufbau sich allerdings nach Lacroix' Mittheilungen Lavaströme nur in höchst geringfügigem Maasse betheiligen. Genaue topographische Aufnahmen des Berges vor und nach dem Ausbruch fehlen, so dass man eine genaue Beschreibung des Berges und der Veränderungen, die er im Lauf der Eruption durchlaufen hat, nicht geben kann. So viel scheint aber festzustehen, dass ein Somma-Wall im NO. des ehemaligen Gipfels (Morne La Croix 1350 m) vorhanden ist und dass excentrisch im SW. ein tief eingesenkter Krater, der Étang sec, sich befand, der bis zum Ausbruch von 1851 einen ständigen Kratersee besessen hatte[3], aber seit jener Zeit nur gelegentlich (so auch Ende April 1902) eine grössere Wasseransammlung beherbergte. Der Kraterboden befand sich in 700 m Höhe über dem Meer und hatte einen Durchmesser von etwa 300 m, während der Durchmesser des Umwallungskreises auf etwa 800 m veranschlagt wird. Eine tiefe, schluchtartige Einsenkung der Kraterumwallung befand sich (dem höchsten Gipfel derselben — Morne La Croix — beinahe

[1] Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 306.

[2] Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 275.

[3] E. O. Hovey, Martinique and S. Vincent, a preliminary report upon the eruptions of 1902. Bull. Am. Mus. Nat. Hist. **16**. 1902. p. 354.

gegenüber) im SSW. des Kraters und führte unmittelbar ins Thal der Rivière Blanche hinüber. Nach Beginn der Eruption von 1902 scheint sich, wie man den Beobachtungen von Heilprin, Hovey u. A. entnehmen darf, zunächst ein Schuttkegel gebildet zu haben, später aber füllte den Haupttheil des Kraterinnenraums der oben besprochene Staukegel aus.

Der Gesammtberg stellt einen breiten Kegel mit ziemlich sanften Böschungen dar; der Kegel sitzt, wie man auf der englischen Seekarte No. 371 erkennen kann, im NO. einer submarinen Bank auf, lässt sich aber im SW. bis in recht beträchtliche Tiefen (375 m) mit gleichbleibender Böschung ohne Knickung an der Meeresbegrenzung verfolgen. Leider ist es nach dem vorhandenen Kartenmaterial nicht möglich, anzugeben, bis zu welcher Tiefe sich der Vulcankegel noch weiter fortsetzt, so dass die relative Höhe des Berges unbekannt bleibt.

Die Soufrière von S. Vincent ist ein wohlerhaltener Stratovulcan, zwischen dessen Tufflagen zahlreiche Lavaströme zu beobachten sind. Ein schön erhaltener Somma-Wall umzieht den nördlichen Theil des activen Kegels, der sich durch einen tiefen Krater (Old Crater) von bedeutendem Durchmesser (1320 m nach der Seekarte No. 791 der englischen Admiralität) auszeichnete. Innerhalb dieses Kraters hatten sich im Jahre 1784 zwei kleine Seen und ein niedriger Innenkegel befunden[1]; der Krater gab damals viel Dampf und Schwefelwasserstoff von sich. Im NE. dieses Kraters befindet sich ein kleinerer Krater (New Crater), 1812 entstanden, von etwa 340 m Durchmesser. Beide Krater besassen Wasseransammlungen in ihrem Grund und als ich sie am 6. Februar 1903 sah, waren ebenfalls kleine Seen vorhanden, wenn auch von verschiedener Gestalt als früher. Die Seekarte giebt dem See des Old Crater vor dem Ausbruch eine ovale Gestalt: Längsdurchmesser (in ostwestlicher Richtung) 1 km, Querdurchmesser 850 m. Ich hatte früher[2] diese Darstellung nur für schematisch angesehen, habe mich aber durch den Anblick der Abbildung 2 auf Taf. 37 des Berichts von Anderson und Flett von der

[1] James Anderson, An Account of Morne Garu (Philos. Trans. 75. 1785. p. 16), reproducirt von Anderson und Flett, a. a. O. p. 461 f.

[2] Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 370.

Unrichtigkeit meiner früheren Ansicht überzeugt. Da nach meiner (allerdings recht ungenauen) Aufnahme des Soufrière-Kraters der Umfang desselben nicht wesentlich zugenommen

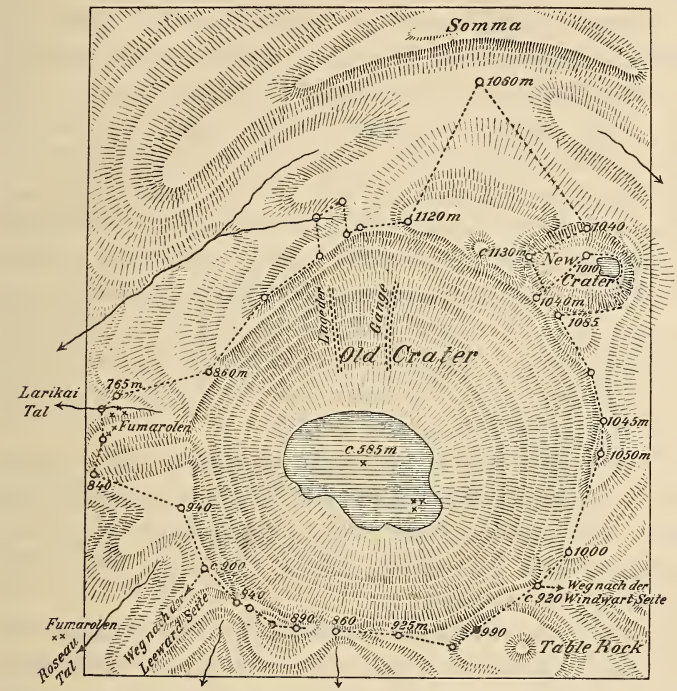


Fig. 8. Kartenskizze der Soufrière-Krater nach dem Stand vom 6. Februar 1903. Wegaufnahmen SAPPER's. Maassstab 1 : 24 000.

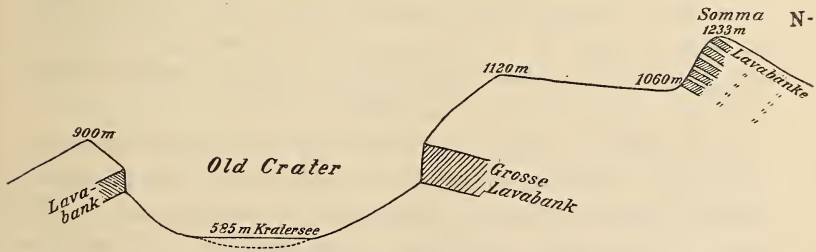


Fig. 9. Durchschnitt durch den Soufrière-Krater von N. nach S. nach dem Zustand vom 6. Februar 1903. Maassstab 1 : 24000.

hat und der Kratersee ungefähr dieselbe Höhe des Wasserspiegels zeigte (585 m), wie früher, aber wesentliche kleinere Ausmaasse (530 m lang, 340 m breit), so muss als einzige

stärkere Veränderung des Kraters infolge der Ausbrüche des Jahres 1902 seine stärkere Ausfüllung und einige Veränderung in den Böschungsverhältnissen der Kraterwände angesehen werden. Den genauen Betrag der Ausfüllung kann man leider nicht angeben, denn wenn man auch durch die 1896 ausgeführten Lothungen[1] von P. Foster Huggins weiss, dass der See in der Mitte eine Tiefe von 87½ Faden zeigte (160 m), so ist doch völlig unbekannt, welche Tiefe der See im Februar 1903 zeigte. Nach dem Verlauf der Böschungen dürfte man freilich annehmen, dass der See recht seicht war, so dass also eine Erhöhung des Kraterbodens um mindestens 100—120 m im Lauf des Jahres 1902 stattgefunden hätte. Eine weitere Erhöhung desselben trat dann durch den Ausbruch vom 21.—30. März 1903 ein und Rev. T. Huckerby schätzte bei seinem erneuten Besuch des Kraters (5. Mai 1903), dass der Kraterboden sich nun etwa 30 m über dem ehemaligen Seespiegel befand.

In ähnlicher Weise war auch der Boden des „neuen Kraters" durch die Ausbrüche von 1902 wesentlich erhöht worden. Eine seichte kleine Wasseransammlung befand sich im tiefsten Theil des Kraterbodens, am Fuss der steilen nordöstlichen Kraterwände.

Die beiden Lapillikrater Punch-bowl und Antoine auf Grenada haben nach der Seekarte No. 2821 Kraterdurchmesser von nahezu 200 und 900 m. Ersteren Krater kenne ich nicht aus eigener Anschauung; letzterer zeigt an seinem Grund einen See, der nach der Seekarte eine ovale Form besitzt (ca. 650 m lang in der Richtung SW.—NE. und ca. 500 m breit). Die Höhe des Wasserspiegels überm Meer beträgt nach der Seekarte 34 m; die grösste Tiefe des Sees 11 m.

Wie der Staukegel des Mont Pelé den Étang sec mehr und mehr auszufüllen droht, so ist nach Hovey[2] und Lacroix[3] auch die eigenthümliche Gestaltung der Gipfelpartien des Vulcans von Saba und der Soufrière von Guadeloupe durch ähnliche Vorgänge zu erklären. Nach dem bisherigen Stand unserer Kenntniss muss in der That diese Erklärung als die wahr-

[1] Anderson und Flett, a. a. O. p. 377.

[2] The new Cone of Mont Pelé. Amer. Journ. of Sc. **16**. 1903. p. 281.

[3] L'éruption et la Martinique. p. 20.

scheinlich richtige angesehen werden. Hat mir bei meinem Besuch von Saba[1] auch die starke Zersetzung des Gesteins und die Üppigkeit der Vegetation in der kurzen Zeit meines Aufenthalts keinen Einblick in den geologischen Bau der Gipfelregionen gestattet, so spricht doch das Vorhandensein eines kreisförmig geschwungenen tiefen Grabens für die Richtigkeit der genannten Deutung; dasselbe gilt von der Beschreibung, welche Ch. Deville von der Soufrière gegeben hat. Ich muss ihm hier das Wort geben, da ich selbst bei meinem Besuch des Berges (1. April 1903) so sehr von Nebel und Regen verfolgt wurde, dass ich keinen Überblick über die topographischen Verhältnisse gewinnen konnte. Ch. Deville beschreibt sie in der Sprache seiner Zeit folgendermaassen[2]: „Le cône de la Soufrière est, comme le pic de Téneriffe . . . entièrement formé par une masse de roches solides, sortie tout d'une pièce et à pentes très abruptes. Aussi n'est ce que dans la petite plaine qui entoure son pied qu'on rencontre les débris de ses projections fragmentaires, qui ont à peine pu s'arrêter sur ses flancs. Le cône occupe sensiblement le centre d'une cavité légèrement elliptique, dominée par des crêtes qui forment autour de lui un cratère de soulèvement d'une médiocre étendue, mais parfaitement dessiné. Les roches qui constituent le cône et le cratère de soulèvement sont très distincte. La dernière est une dolérite basaltoide . . . (La roche du cône central) peut se ranger assez bien parmi les roches que M. Abich a appelées trachydolérites."

i) Erhaltungszustand der Oberflächengebilde der Kleinen Antillen.

Obgleich einzelne Antillenvulcane recht ansehnliche und wohlgebaute Berge sind, so erreicht doch keiner die Höhe und Formschönheit, welche eine grosse Zahl von mittelamerikanischen Feuerbergen auszeichnet. Fällt schon die im Allgemeinen wesentlich flachere Böschung der Berge auf, so noch viel mehr ihr wesentlich schlechterer Erhaltungszustand, die grössere Tiefe der Radialschluchten, die stärkeren Wir-

[1] Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 315.

[2] Bull. Soc. géol. France. (2.) 8. 424 (vergl. auch ibid. 4. 428).

kungen der Erosion, die geringere Formeneinheitlichkeit der Gesammtgebilde.

Und wenn wir die vulcanischen Antillen im Ganzen betrachten, so fällt gegenüber den einheitlichen Gebirgsformen des mittelamerikanischen Festlandes und den einfachen, ruhigen Profillinien der meisten festländischen Nachbarlandschaften dieselbe Erscheinung ins Auge: geringere Formeneinheitlichkeit, stärkere Wirkungen der Erosion, äusserst unruhige Profillinien.

Bei der verhältnissmässig grossen Ähnlichkeit des geologischen Baues und der klimatischen Bedingungen, wie man sie zwischen den vulcanischen Kleinen Antillen und manchen Nachbargebieten des mittelamerikanischen Festlandes beobachtet, muss eine so starke landschaftliche Verschiedenheit in hohem Grade auffallen; sie fordert eine Erklärung geradezu heraus und ich glaube sie in der Engräumigkeit der Kleinen Antillen suchen zu sollen. Freilich besteht zwischen den klimatischen Bedingungen Mittelamerikas und denen der Antillen ein bedeutsamer Unterschied: die Orkane, die Geissel jener sonst von der Natur so sehr gesegneten Inseln, fehlen Mittelamerika (mit Ausnahme der alleröstlichsten Spitze: Cabo Gracias à Dios) vollständig, und es lag daher zunächst der Gedanke nahe, in der geologischen Wirksamkeit der Orkane die Hauptursache für die gemeldete Verschiedenheit zu suchen. Aber wenn man auch die geologische Bedeutung der Orkane (zeitweilige Entblössung der Erdoberfläche von wirksamem Vegetationsschutz, langdauernde Herabsetzung der Wirksamkeit der Vegetation, Begünstigung der in feuchten Tropengebieten überhaupt äusserst häufigen Erdschlipfe, plötzliche schwere Niederschläge, erhöhte Wirksamkeit des erregten Meeres an den Küsten u. dergl.) keineswegs gering anschlagen darf, so ist sie doch nicht hinreichend, um die weitgehenden erwähnten Unterschiede zu erklären. Dass Orkane in der That hier nicht den Ausschlag geben, sieht man deutlich daran, dass einerseits das Landschaftsbild auf den Grossen Antillen im Allgemeinen wenig von der Erscheinung gleichartiger Gebiete Mittelamerikas abweicht und dass andererseits die von Orkanen im Allgemeinen verschonte Insel Grenada fast ebenso unruhige Profillinien zeigt, wie ihre nördlicheren

Nachbarinseln. So musste ich mich denn schliesslich zu der oben angedeuteten Ansicht bekehren, dass in der Hauptsache die Engräumigkeit der Kleinen Antillen die Schuld an der eigenartigen Oberflächengestaltung dieser Landstrecken trage.

Es ist nun zwar klar, dass die Kräfte der Natur auf den engräumigen Inseln nicht im Geringsten anders wirken als auf den weiträumigen Continenten oder sonstigen grossen Landgebilden, aber die Wirkung ist eben verschieden.

Der gegebene Raum übt auf die Ausgestaltung der Oberflächenformen des Geländes einen maassgebenden Einfluss aus. Nehmen wir z. B. an, es rücke im Laufe der Zeit die Küstenlinie infolge der Arbeit der Brandungswellen um ein bestimmtes Maass, etwa 1 km, vor, so macht das bei einem Festlandskörper nur äusserst wenig aus: während das Meer vordringt, wird zwar die Böschung des Landes und das Gefälle der einmündenden Flüsse zunächst in der Nähe des Meeres steiler; diese Steigerung des Gefälles verteilt sich aber nun nach rückwärts in immer mehr sich abschwächendem Maasse, bis allmählich wieder der Ausgleich eintritt. Im Innern des Continents oder eines sonstigen grösseren Landraumes ist die Wirkung der vorschreitenden Küstenlinie kaum oder gar nicht mehr fühlbar. Ganz anders wirkt aber das Landeinwärtsvordringen der Küstenlinien auf kleinräumige Inseln, sofern dieselben überhaupt nennenswerthe Erhebungen aufweisen: die Gesammtböschung wird dadurch wesentlich steiler; die Erosion erhält einen ungeheuren Ansporn und arbeitet mit gewaltig erhöhter Kraft, so dass die Erosionswirkungen im Landschaftsbild bestimmend hervortreten müssen und selbst jugendlichen Gebilden bald den Anschein relativ hohen Alters verleihen. Wohl schützt die Vegetation im Gebiet der Kleinen Antillen ebenso energisch gegen Abspülung und Erosion, wie anderswo in Tropengegenden gleicher klimatischer Art, aber dieser Schutz ist machtlos gegenüber den Wirkungen der rasch arbeitenden Tiefenerosion: während in festländischen Landschaften der feuchten Tropen die Kammlinien der Gebirge eben wegen des Vegetationsschutzes meist sehr flach und gleichförmig verlaufen, bemerkt man bei den gebirgigen Kleinen Antillen ausserordentlich unruhig auf- und absteigende Contourlinien, da

durch das von beiden Seiten her erfolgende Rückwärtseinschneiden der Wasserläufe bald hier, bald da eine Erniedrigung und Durchbrechung des Hauptkammes erfolgt. Das rasche Arbeiten der Tiefenerosion erzeugt nun seinerseits wieder ausserordentlich steile Thalgehänge zu beiden Seiten und dadurch wiederum die Neigung zu Rutschungen (Erdschlipfen), die den Vegetationsschutz illusorisch machen und die ausserordentlich gleichförmigen Neigungsflächen der steilen Gebirgshänge hervorrufen.

Bei der steilen Hauptneigung aller vulcanischen Kleinen Antillen und der Kürze der meisten Wasserläufe darf es auch nicht Wunder nehmen, wenn die Alluvialebenen, sofern solche überhaupt sich in nennenswerther Weise ausbilden, ungewöhnlich steil geneigt sind, wie z. B. auf Dominica. Nur auf offenbar älteren Inseln, wie Saint Lucia, beobachtet man auch flach geneigte, tief in das Land einspringende Thalebenen.

Die Steilheit der Wasserläufe bringt es mit sich, dass die Mehrzahl der dem Wasser übergebenen Transportstoffe rasch bis ins Meer geschafft werden, und da an den Kleinen Antillen die Brandung allenthalben ziemlich energisch arbeitet, so findet man nur selten (und nur unbedeutende) Schuttkegel ins Meer hinein vorgebaut. Die Mehrzahl der gelieferten Sinkstoffe wird sofort vom Meer erfasst und durch Küstenströmungen oder Küstenversetzung vertheilt — was bei der Kleinheit des Hinterlandes keine Veranlassung zu grösseren Ablagerungen und zur Bildung von Küstenebenen zu bieten vermag, wenngleich es natürlich zur Abflachung der submarinen Böschung beiträgt. Bei einem grossen Landbezirke aber, wo sich vor dem Gebirge flachere Landestheile ausbreiten, da muss natürlich immer ein grosser Theil der Sinkstoffe noch im Landgebiet selbst sich ablagern und dadurch die Steilheit des Flussgefälles und die erosive Leistungsfähigkeit herabsetzen, wodurch der ganze Process der Abtragung eine Verlangsamung erfährt.

Ganz ähnlich wie mit den Transportstoffen des Wassers ist es auch mit denen des Windes: auf engräumigen Gebieten wird die überwiegende Mehrzahl derselben direct in das Meer hinausgeführt, ohne dort (bei der relativen Kleinheit des producirenden Hinterlandes) wesentliche Veränderungen des

Meeresbodens hervorrufen zu können. Bei Continenten erzeugen die windtransportirten Stoffe grosse Ablagerungen auf Land- und Meeresboden und wirken durch diese Thatsachen ihrerseits wieder auf eine Verlangsamung der Gesammtabtragung der Festländer hin. Es würde hier zu weit führen, die Frage in allen ihren Einzelheiten weiter zu verfolgen, aber das tritt doch schon aus obigen Andeutungen hervor, dass die Engräumigkeit die Abtragung und Einebnung des Geländes, sowie die Ausreifung der Formen wesentlich beschleunigt, während die Weiträumigkeit dieselben stark verlangsamt. Wenn man die Stoffmenge, die einem bestimmten Raum von der Natur zugewiesen ist, mit einem Capital vergleichen darf, so darf man sagen, dass der engräumige Haushalt damit wesentlich verschwenderischer umgeht als der weiträumige, der denselben Stoff häufig zu verwerthen pflegt, ehe er ihn nach mehrmaligem Absatz und Wiederaufnehmen endlich ans Meer abgiebt. Die engräumigen Insel- und Halbinselgebiete werden dagegen erst sparsam, wenn sie den grössten Theil ihres Capitals verloren haben, also stark abgetragen sind.

Der durchgreifende Unterschied im Haushalt der engräumigen und weiträumigen Gebiete bringt es auch mit sich, dass das Gesetz der Correlation nicht in einfacher Proportion zur Geltung kommt: die festländischen Ebenen und die submarinen Tafeln der grossen Landgebiete sind im Verhältniss zum Gesammtflächeninhalt des zu Gebote stehenden Festlandsraums viel grösser als dieselben Gebilde im Verhältniss zum Flächeninhalt gebirgiger Inseln zu sein pflegen.

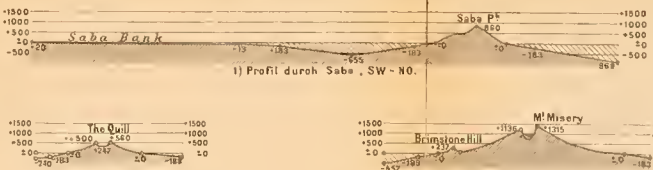
Wie aber die Abtragung bei Inseln viel rascher vor sich geht als bei grossräumigen Gebieten, so ist andererseits bei jenen auch der Effect einer Verschiebung des Meeresniveaus viel grösser: eine Hebung von einiger Bedeutung erscheint für ein engräumiges Gebiet wie eine Wiedergeburt. Eine neue Rechnung beginnt im Haushalt der Insel. Ein grosser Theil des bereits abgetragenen Materials ist wieder übers Meeresniveau emporgehoben worden, so dass die Abtragung aufs Neue beginnt, während bei Festländern die Wirkungen gleichgrosser Niveauverschiebungen, trotzdem sie an der Küste selbst bedeutsam und weitreichend sind, für das ganze weiträumige

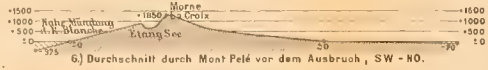
Gebiet nur geringe Bedeutung erlangen. Ähnlich ist es auch mit Senkungen. Das Mitspielen meteorologischer Vorgänge und sonstiger Einflüsse, das ebenfalls noch in Betracht gezogen werden müsste, macht die ganze Betrachtung jedoch zu verwickelt, als dass ich sie an dieser Stelle weiter ausspinnen möchte. Sie ist ja vorläufig nur eine Idee, die ausgiebiger Nachprüfung an anderen Gebieten bedarf, ehe sie in ihrer wirklichen Tragweite und Ausdehnung wird formulirt werden können.

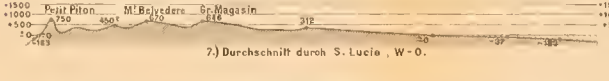
Diese Idee ist in mir durch die eigenartige landschaftliche Gestaltung der Kleinen Antillen wach geworden, aber sie ist nicht neu, sondern gehört, was der Gerechtigkeit wegen hier hervorgehoben sein möge, zu den ältesten geologischen Lehren, die wir kennen, hat sie doch Plato im Kern schon in voller Klarheit ausgesprochen. Nachdem er nämlich im Kritias (111) die Fruchtbarkeit Atticas gepriesen hat, wie sie 9000 Jahre vor seiner Zeit gewesen sei, erklärt er die seitherige Veränderung zum Schlechteren mit folgenden Worten: „Das ganze Land liegt, indem es vom übrigen Festlande aus weithin in das Meer sich erstreckt, wie ein Vorgebirge da und das ganze Meer ist an seinen Küsten sehr tief. Da nun in den 9000 Jahren viele und mächtige Überschwemmungen stattfanden, so dämmte sich die in so langer Zeit und bei solchen Naturereignissen von der Höhe herabgeschwemmte Erde nicht, wie anderwärts, hoch auf, sondern verschwand, immer ringsherum fortgeschwemmt, in der Tiefe. Es sind nun aber, wie bei kleinen Inseln gleichsam, mit dem damaligen Zustand verglichen, die Knochen des erkrankten Körpers noch vorhanden, indem nach dem Herabschwemmen des fetten und lockeren Bodens nur der hagere Leib des Landes zurückblieb“ (Übersetzung von H. Müller).

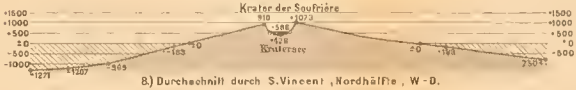
Photolithogr. v. Wilh. C. Röbsamen Stuttgart

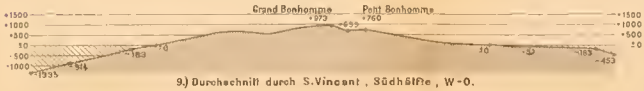
Profile im Maßstab 1:200000

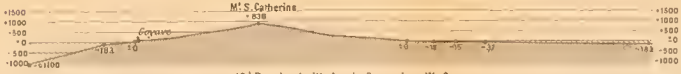




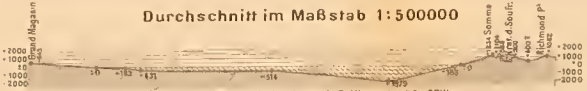








Durchschnitt im Maßstab 1:500000



Photolitogr. v. Wilh. C. Rübsamen - Stuttgart

Fig. 1. Ausbruch des Mont Pelé am 1. Juli 1902.

Fig. 2. Derselbe Ausbruch, kurze Zeit später (Vorrücken der Wolke). Aufnahmen von Mr. Bell.

Bomben des Mont Pelé, $^1/_2$ der natürlichen Grösse.
Originale in der geologischen Sammlung der Universität Tübingen

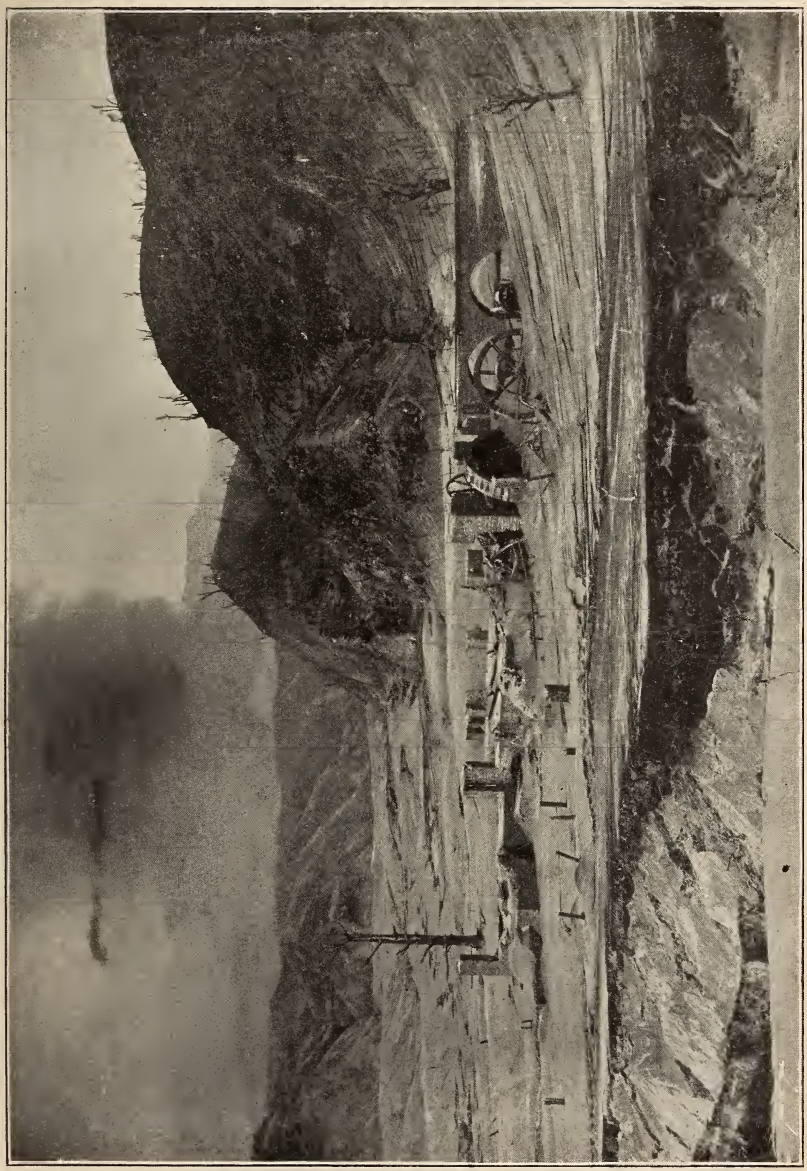
Lichtdruck v. Phototypie Gesellschaft

Fig. 1. Bombe der Soufrière von Guadeloupe
$^3/_7$ der natürlichen Grösse.

Fig. 2. Bombe der Soufrière von St. Vincent.
$^1/_7$ der natürlichen Grösse.

Originale in der geologischen Sammlung der Universität Tübingen.

Rue Victor Hugo in S. Pierre. März 1903. Aufnahme von Henry Gunge. (Die Felsnadel des Mont Pelé im Hintergrund.)



Wallibou-District (S. Vincent) 4 Tage nach der Mai-Eruption. Aufnahme von J. C. Wilson. (Leichte Erosionsrinnen in der Aschendecke.)

Fig. 1. Wallibou River, S. Vincent, Januar 1903. Aufnahme von Mr. Gouinlock. (Recente Tuffschichten.)

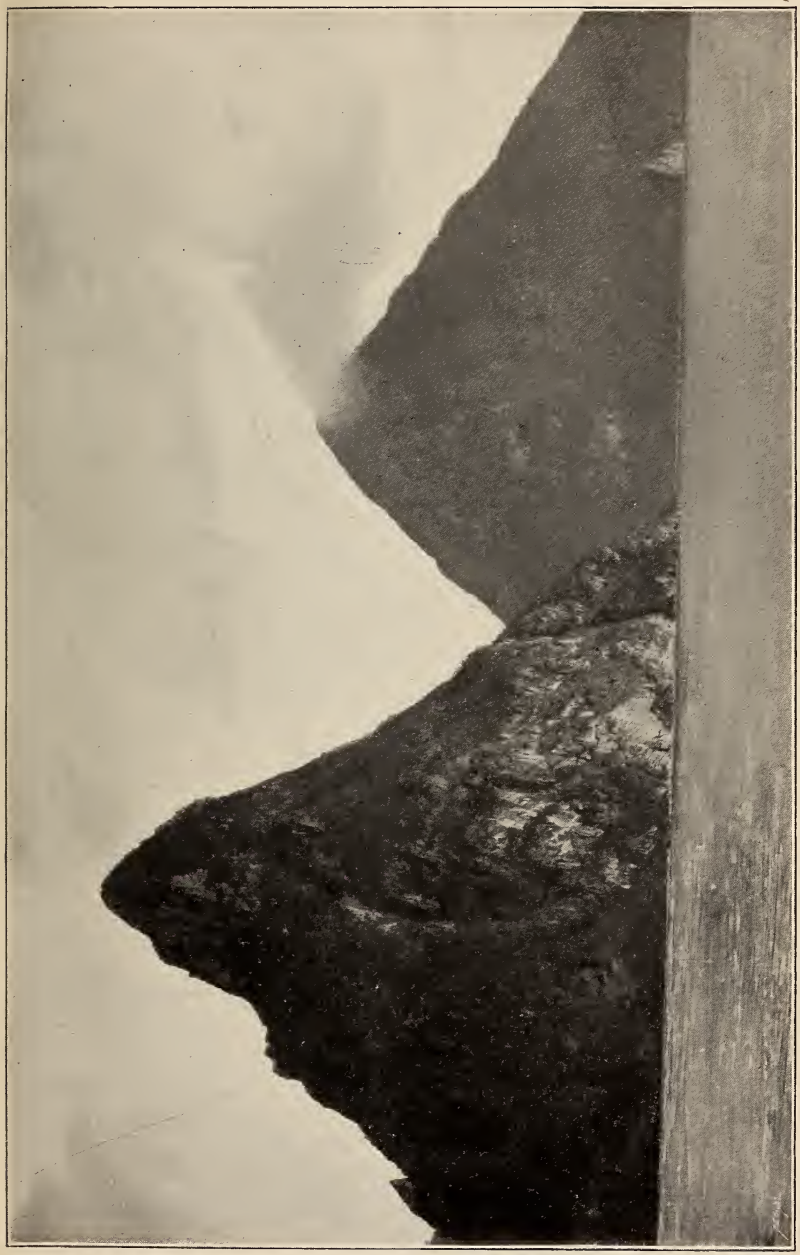
Fig. 2. Wallibou River, Januar 1903. Aufnahme von Mr. Gouinlock. (Erosionswirkungen in den jüngsten vulcanischen Absätzen.)

Fig. 1. Richmond Estade, Januar 1903. Aufnahme von Mr. Gouinlock.
(Im Hintergrund der wolkenerfüllte Krater der Soufrière.)

Fig. 2. Goodwill Road, Dominica. Aufnahme von W. H. Fenton.
(Vegetationsschutz an Steilwänden.)

Grand Etang (Grenada). Aufnahme von Mr. Norton. (Landschaftsbild aus einem von Orkanen nicht heimgesuchten Antillengebiet.)

Mesopotamia Valley (S. Vincent). Aufnahme von J. C. Wilson. (Landschaftsbild aus einem von Orkanen heimgesuchten Antillengebiet.)



Die Pitons von S. Lucia. Aufnahme von Joseph le Grand.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

Jahr/Year: 1904

Band/Volume: 1904_2

Autor(en)/Author(s): Sapper Karl

Artikel/Article: Die vulcanischen Kleinen Antillen und die Ausbrüche der 'Jahre 1902 und 1903. 1-70