

F. Fouqué: Santorin et ses éruptions. 4^o. Paris. 1879, XXXII et 440 pg. avec 61 planches.

(Mit Tafel X.)

In diesem schönen und überaus prächtig ausgestatteten Werke hat der französische Petrograph und Vulkanologe einen reichen Schatz von Beobachtungen niedergelegt, die er bei mehrmaliger Anwesenheit in Santorin während und nach der Eruption von 1866—1870 angestellt hat, sowie die ganze Fülle von Resultaten einer mehr denn zehnjährigen Arbeit mitgeteilt, die er den Produkten dieser Eruption und denen der früheren Ausbrüche gewidmet hat. Nach einer kurzen Einleitung wird der gewaltige Stoff in 9 Kapiteln behandelt, die die folgenden Überschriften tragen: 1) Historische Angaben über die Bildung der Kaimenen; 2) Die Eruption von 1866; 3) Vorhistorische Bauten auf Santorin; 4) Beschreibung des gegenwärtigen Zustandes der Kaimenen und der beiden submarinen Kegel in der Bucht von Santorin; 5) Studium des Auswurfsprodukte von 1866; 6) Beschreibung der älteren Theile des Santorin-Archipels; 7) Petrographische Beschreibung der Gänge des nördlichen Theiles von Thera; 8) Petrographische Untersuchung der Materialien, welche den südwestlichen Theil von Thera bilden; 9) Betrachtungen über die Entstehung des älteren Theils von Santorin.

Die Wichtigkeit des Gegenstandes überhaupt, der hier in so eingehender Weise und nach so mannigfachen Richtungen hin behandelt wird und die hohe Bedeutung Santorins für die gesammte Vulkanologie wird gewiss die folgende, etwas ausführlichere Besprechung rechtfertigen, selbst angesichts der Thatsache, dass es in Deutschland nicht an Werken fehlt, die das gleiche Thema, wenn auch nicht in gleicher Vielseitigkeit, behandeln. Ref. erinnert nur an die bekannten Werke und Arbeiten von JULIUS SCHMIDT, REISS und STÜBEL, von FRITSCH, von SEEBACH u. A., an die chemischen Untersuchungen von HAUER's, an die petrographischen Beschreibungen der Santoringesteine von VRBA, ZIRKEL etc.

Die Inselgruppe Santorin, zu den Cycladen des griechischen Archipels gehörig, besteht (man vergl. Taf. X, die verkleinerte Copie der von Fouqué seinem Werke beigegebenen geologischen Karte) aus einem älteren, vorhistorisch entstandenen, peripherischen Theile und einem centralen, welcher durch wiederholte Ausbrüche in historischer Zeit gebildet wurde. Der

ältere Theil, die beiden grossen Inseln Thera und Therasia und die kleine Insel Aspronisi umfassend, bildet einen nahezu zirkelrunden, sommaartigen alten Kraterrand, welcher vorwiegend aus vorhistorischen Eruptivmassen zusammengesetzt ist, und der sich an eine alte Masse von krystallinen Schiefern mit Lagern von körnigem Kalke, den ursprünglichen Kern der ganzen Gruppe, anlehnt. Durch diesen alten Kern wird Santorin geologisch als ein Glied der übrigen Archipel-Inseln dokumentirt; die an den alt krystallinen Kern sich anlagernden gewaltigen Eruptivmassen lassen in ihrem mannichfachen Wechsel von Lavaströmen und Tuffschichten deutlich auf eine lange Periode vorhistorischer vulkanischer Thätigkeit schliessen, durch welche sich eine einzige grosse vulkanische Insel bildete, von welcher Thera, Therasia und Aspronisi eben nur die peripherischen Reste sind. Diese Insel nahm an der Hebung Theil, welche in dem gesammten Mittelmeergebiet seit dem Ende der Miocänzeit stattfand, wie sich das mit Sicherheit aus dem Vorkommen einer marinen Strand-Muschelfauna in den Tuffen von Thera (am Lumaravi, bei Archangelo und bei Balos*) in verschiedenen Niveaus von 50 bis zu 174 Meter Meereshöhe eingebettet finden. Dann stürzte in Folge vulkanischer Ereignisse, von denen wir keine historische Kunde haben, das Centrum dieser Vulkaninsel ein und so bildete sich die von Thera, Therasia und Aspronisi umschlossene Bucht von Santorin. Die Richtigkeit dieser Auffassung ergibt sich aus dem gleichen geologischen Bau der genannten Inseln, welche jetzt den sommaartigen alten fragmentären Kraterrand bilden, aus der Configuration des Meeresbodens, aus den Steilabstürzen der drei Inseln nach der Bucht von Santorin hin. Zu welcher Zeit dieser Einsturz stattfand, lässt sich nicht mit Sicherheit bestimmen, doch ergibt sich aus dem Vorhandensein gewisser Culturreste unter der obersten, gleichmässig über Thera und Therasia ausgebreiteten, auf den Kaimenen natürlich fehlenden, Bimssteinschicht, dass damals die Insel bereits von Menschen bewohnt war. Die erwähnten Culturreste, welche sich sowohl auf Therasia, als auf Thera (bei dem Dorfe Akrotiri) fanden, bestehen aus menschlichen Bauten mit mannichfachen Überbleibseln menschlicher Gewerbsthätigkeit (thönernen Gefässen, Handölmühlsteinen und Gewichtsstücken aus Lava, Messern, Pfeilspitzen und Meisseln aus Obsidian, wie er sich wohl auf Milo, aber nicht auf Santorin findet, Ringen aus rohem Golde, nebst Skelettheilen von Menschen und Thieren, verkohlter Gerste etc.) Fouqué möchte, besonders sich auf das Fehlen eiserner Geräthschaften stützend, dieser Bevölkerung, welche den Einsturz von Santorin erlebte, ein sehr hohes Alter anweisen, während manche Archäologen, die die Überreste sahen, zumal aus den Gefässen schliessen möchten, sie seien

* Hier sammelte Fouqué die folgenden oberpliocänen von MUNIER-CHALMAS bestimmten Fossilien: *Carcharias sulcidens* AGASS., *Ditrupea* sp., *Turritella subangulata* BROCCHI., *Scalaria pseudoscalaris* BROCCHI., *Lucina borealis* LINNÉ, *Thracia convexa* WOOD., *Pecten opercularis*, *Pecten jacobaeus*, *P. polymorphus*, *Ostraea lamellosa*, *Ost. cochlear* POLI., *Ostr.* sp., *Terebratula ampulla* BROCC., *Brissopsis lyrifera* AG., *Schizaster canaliculatus*, *Cidaris melitensis* AG., *Echinus* sp., *Psammechinus* sp., *Cidaris* sp.

der pelagischen Epoche zuzuweisen. Das hohe Alter dieser Bauten und menschlichen Überreste würde sich nach Fouqué auch aus dem Umstande ergeben, dass die dieselben bedeckende Bimssteintuffschicht an dem nördlichen Ende von Therasia und auf dem gegenüberliegenden Theile von Thera von einer bis zu 20 m mächtigen Schicht aus rothen Geröllen überlagert wird, in welcher sich marine Reste finden. Auf dieser finden sich antike Constructionen mit Inschriften, nach denen F. LENORMAND ihre Ausführung in das 15. saec. a. Ch. setzte. Es müsste also zwischen der Zeit der Einbettung der unter dem Bimsstein liegenden Culturreste und dem 15. saec. a. Ch. noch eine Senkung und Hebung des Inselrandes liegen und daher glaubt Fouqué den Einsturz des centralen Theiles von Santorin etwa 2000 a. Ch. annehmen zu sollen. Ein näheres Eingehen auf die Ausgrabungen jener Culturreste und ihrer Beschreibung, so interessant sie sind, verbietet sich mit Rücksicht auf die Zwecke dieser Zeitschrift.

Innerhalb der durch den Einsturz gebildeten Bucht von Santorin entwickelte sich nun von Neuem eine vulkanische Thätigkeit, ganz analog, wie innerhalb des Sommaringes, welche während verschiedener, durch längere Ruhepausen unterbrochener, Epochen die Kaimenen und mehrere submarine Kegel bildete. Bei der Discussion der historischen Angaben des Alterthums über die verschiedenen Ausbrüche und die einzelnen denselben entsprechenden Insel-Neubildungen gelangt Fouqué z. Th. zu Resultaten, welche von denen seiner Vorgänger abweichen. So bezieht er die durch die erste historisch nachweisbare Eruption von 197 a. Ch. entstandene Insel Hiera nicht auf Palaea-Kaimeni, wie REISS und STRÜBEL, sondern auf die Banco genannte Untiefe zwischen den Kaimenen und Thera; er verwirft dann die Annahme einer in das Jahr 19 p. Ch. fallenden Eruption, welche REISS und STRÜBEL auf Grund ihrer Interpretation der confusen Angabe von PLINIUS glaubten darthun zu können, und lässt durch die wieder sicher constatirte Eruption von 46 p. Ch. die Insel Palaea-Kaimeni entstehen. In der Deutung der den Ausbrüchen von 726 p. Ch. (nordöstlicher Theil von Palaea-Kaimeni), 1457 (Einsturz eines Theils von Palaea-Kaimeni), 1570 oder 1573 (Entstehung von Mikra-Kaimeni), 1650 (Entstehung der Bank von Columbus östlich von Thera, also ein Flankenausbruch des alten Kraterwalls) und 1707 (Bildung von Nea-Kaimeni, welches durch das Zusammenwachsen der zuerst gesonderten „schwarzen“ und „weissen“ Insel entstand), entsprechenden Veränderungen und Neubildungen folgt Fouqué, wie das bei der Klarheit der historischen Angaben nicht anders sein kann, der herrschenden Ansicht.

Die Beschreibung der letzten Eruption, welche Ende Januar 1866 in der kleinen Bucht von Vulkano auf Nea-Kaimeni begann, zu der gewaltigen Vergrößerung dieser Insel durch die Neubildungen des Georgios, der Aphroessa und Reka, sowie zur Entstehung der Mai-Inseln führte und mit dem Übergang zu blosser Fumarolenthätigkeit in der Mitte des October 1870 endete, wird auf Grund der eigenen und der sorgfältig gesammelten fremden Beobachtungen in aller Ausführlichkeit gegeben. Dieselbe eignet sich der Natur der Sache nach nicht zu einem Excerpte und Ref. begnügt

sich daher, auf einige wichtige Punkte hinzuweisen. Dazu rechnet er in erster Linie das zumal im Anfang der Eruption (bis April) von Fouqué und Schmidt vielfach sicher constatirte Auftreten wirklicher Flammen, d. h. brennender Gase und entzündlicher Gasexhalationen, die eben durch ihre Berührung mit der glühendflüssigen Gesteinsmasse die Flammen lieferten. Über die chemische Zusammensetzung dieser Exhalationen wird an einer späteren Stelle das nöthige mitgetheilt werden. Auch in der Zeit vom 21. März bis 19. April 1867 — einer Zeit heftigster Thätigkeit — wurden Flammen von JANSSEN beobachtet, die wesentlich nach spectral-analytischen Untersuchungen durch Verbrennung von freiem Wasserstoff bedingt wurden und in denen ferner Chlor, Natrium und Kupfer nachgewiesen werden konnten. — Auch die von JANSSEN angestellten Beobachtungen über die Störungen in der Declination einer Magnetnadel, deren Maxima sich auf einer die Eruptionspunkte des Georgios und der Aphroessa verbindenden Linie zeigten, verdienen Erwähnung. — Die auf den Terrassen von Phira zu verschiedenen Epochen gesammelten Aschenproben erwiesen sich stets wesentlich als zerstiebte Lava: sie waren deutlich hygroskopisch, wurden dunkel an feuchter Luft und backten zusammen. Ein wässriger Auszug derselben liess in reichlichen Mengen Chlornatrium und schwefelsaures Natron erkennen, Stoffe, von denen das Chlornatrium vielfach als Überzug der eigentlichen Lava von F. beobachtet wurde, sowie Spuren von Magnesia-, Kalk- und Kalisalzen. — Endlich ergiebt sich aus der ganzen Beschreibung mit Evidenz und im vollen Einklange mit den Beobachtungen von REISS und STÜBEL, dass man es auch bei der Bildung des Georgios, der Aphroessa und der gesammten Santorin-Eruption nicht mit dem Auftreten fester compacter Eruptivmassen zu thun hat, sondern mit Lavaströmen und Auswürfen lockerer, mechanisch zerstiebter Massen — kurz, dass keiner der sicher constatirten Vorgänge für die Theorie der Erhebungskratere oder für von SEEBACH'S Gliederung in Cumulo- und Strato-Vulkane verwerthet werden kann.

Bei der geologischen und petrographischen Beschreibung des Santorin-Archipels trennt Fouqué die älteren vulkanischen Gebilde des Kraterrandes, als vor dem Einsturz des Centrums entstanden, von den seit 179 a. Ch. an die Oberfläche getretenen Massen der Kaimenen und ihrer Annexe, wie man ja auch die Somma-Gesteine von den Vesuvlaven zu trennen pflegt.

Die westlichste der Kaimenen, Palaea-Kaimeni, ist 1450 m lang bei einer Durchschnittsbreite von 400 m; der höchste Punkt der Insel ist 98.8 m hoch und erhebt sich nur etwa 15 m über das Inselplateau, welches sich mit 2°—3° von SO. nach NW. senkt. Die Insel besteht vorwiegend aus Laven und zwar aus massigen oder schiefrigen, feinkörnigen, seltener aus blasigen oder glasigen Varietäten. Chemisch und mineralogisch sind sie den Laven von 1866 sehr nahe verwandt; an Einsprenglingen in der dichten Masse erkennt man Labrador, Augit und Magnetit; die Grundmasse besteht vorwiegend aus Oligoklasleistchen und Magnetitkörnchen. Tridymit bis zu 1 mm Durchmesser ist nicht selten. — Schlacken, Conglomerate und Tuffe fehlen fast vollständig auf Palaea-Kaimeni, welches wesentlich

aus einem mächtigen Gange am SO.-Ende, aus zahlreichen übereinanderhin geflossenen Strömen, die das Plateau bilden, und aus nur seltenen secundären, aus den Hauptströmen südlich vom Plateau abbiegenden Lateralströmen aufgebaut ist.

Die im Maximum 490 m lange, 320 m breite Insel Mikra-Kaimeni von ovaler Form war 1866 70.9 m hoch, hatte aber 1867 1—10 m an Höhe verloren und 1875 glaubt Fouqué wieder eine geringe Höhenabnahme von 0.3 m beobachtet zu haben. Die Insel besteht aus einem im S. gelegenen Kraterkegel, an welchem sich nach N. ein aus Lava-Ergüssen aufgebautes Terrain anschliesst. Die Laven von Mikra-Kaimeni sind im Allgemeinen dicht, fast glasig, dunkelbraun, sehr selten schlackig. Sie ähneln denen von Nea-Kaimeni und denen von 1866 im Aussehen und in der Zusammensetzung, unterscheiden sich aber durch einen nicht unbedeutenden Gehalt an Olivin. Die Oberfläche der Insel ist vielfach von porösen, hellgrauen, eckigen Blöcken bedeckt, die z. gr. Th. von der Eruption von 1866 herkommen.

Nea-Kaimeni war vor der Eruption von 1866 ein ungleichseitiges Dreieck, dessen Spitze ebenso wie bei Palaea- und Mikra-Kaimeni nach N. wies, mit einer Maximallänge von 1350 m und einer Breite von 660 m. Auch hier findet sich im S. ein Kraterkegel von 101 m Höhe (vor 1866 war er 106 m hoch und hat durch die Senkung der Insel bei der letzten Eruption 5 m an Höhe verloren), an den sich nach N. ein System von Lavaströmen anschliesst, von welchen aus secundäre Ströme nach beiden Seiten sich abgabeln. Auch nach SW. und SO. hatten sich 1707 Laven ergossen, aber in untergeordneter Menge; sie bildeten in erster Richtung das Cap Phleva, nach SO. ein anderes kleines Plateau; zwischen diesen beiden lag der kleine Bimssteinhügel Lophiscos, letzter Rest der „weissen Insel“ der Eruption von 1707, welche von der „schwarzen Insel“, der Hauptmasse von Nea-Kaimeni, überwachsen wurde, und die kleine Bucht von Vulkano, in welcher seit langer Zeit schon vor 1866 Gasexhalationen und in Folge davon eine höhere Temperatur, als in dem umgebenden Meere bekannt waren. Die Laven von Nea-Kaimeni stimmen vollständig und in allen Varietäten mit denen von 1866 und sind oberflächlich überaus schlackig und scharfkantig.

Die südlichen Theile von Nea-Kaimeni wurden vollständig verändert durch den Zuwachs der Neubildungen von 1866, durch die Laven und lockeren Auswurfsmassen des Georgios, der Aphroessa und Reka, welche anfangs von Nea-Kaimeni gesondert, allmählig im Laufe der Eruptionen mit dieser Insel zusammenwuchsen. Alle diese 1866er Anwachsmassen von Nea-Kaimeni, ebenso wie die zwischen dieser Insel und Palaea-Kaimeni gelegenen Mai-Inseln, fasst Fouqué unter dem Sammelnamen Georgio-Kaimeni zusammen. Durch dieselbe ist der Flächeninhalt von Nea-Kaimeni mehr als verdoppelt und zu dem Kraterkegel von 1707 ist ein zweiter Conus mit mehreren Krateren hinzugekommen, welcher denselben um 25 m überragt. Ursprünglich auf mehreren gesonderten Punkten derselben Spalte hervortretend (Georgios, Aphroessa etc.), haben sich die Massen vereinigt

und die Eruptionsprodukte des Georgios, als die am massenhaftesten emporquellenden, haben allmählig die der Aphroessa überlagert. Wenn man bei der anfangs ja submarinen Eruption nicht sowohl einen Lavaström, als vielmehr ein Gewirr von losen Blöcken hervorschieben sah und darauf hin, wie von SEEBACH, von einem Cumulo-Vulkan redete, so ist darauf hinzuweisen, dass die Blöcke selbst noch Plasticität besaßen und eben ganz den an der Stirn jedes Lavastromes sich ablösenden und vorwärts kollernden Blöcken entsprachen, wobei die etwa abweichenden Erscheinungen sich durch die rasche Abkühlung beim Austritt in Wasser und durch das Aufwärtschieben statt Abwärtsfließen erklären lassen. Abweichend von den früheren Eruptionen flossen die Laven nicht nach N., sondern in südlicher Richtung, eine Thatsache, die durch den nördlich vorliegenden Kegel von Nea-Kaimeni bedingt war. Nur die Laven der Aphroessa bewegten sich auch 1866 nach Norden.

Die beiden submarinen Kegel, Banco und der namenlose dicht an dem Hafen von Phira, haben abweichend von den supramarinen Kegeln der Kaimenen, wohl nie Lavaströme ergossen. Zu betonen ist es, dass alle die historischen Ausbruchpunkte in der Bucht von Santorin, Palaea-, Mikra-, Nea-, Georgio-Kaimeni und die submarinen Kegel auf einer ONO — WSW streichenden Zone zwischen dem Strande von Phira und Aspronisi liegen, offenbar auf einem annähernd geradlinigen Spaltensystem. Es ist in Santorin noch nicht zu der Bildung eines dem Vesuv oder Ätna analogen Centralschlundes gekommen, von welchem aus die Ausbruchspalten radial divergiren.

Die normalen Laven des Georgios sind augit-andesitisch und enthalten in einer obsidianartig aussehenden Grundmasse grössere Einsprenglinge von triklinem Feldspath, von Augit und von Magnetit; die Grundmasse besteht aus einer spärlichen braunen Glasbasis und zahllosen mikroskopischen Feldspathleistchen. Accessorisch treten Olivin (selten), Hyperthen (häufig) und Apatit auf. Durch eine eigenthümliche Combination zweier von Fouqué neu aufgestellten Methoden der Behandlung des Gesteinspulvers mit concentrirter Flusssäure und mit einem Elektro-Magneten, auf welche Ref. an anderem Orte zurückkommen wird, gelang es dem Verf., die einzelnen Gemengtheile der Georgios-Lava in mehr oder weniger reinem Zustande gesondert zu analysiren; die Resultate dieser Sonder-Analysen lassen in den weitaus meisten Fällen keinerlei Zweifel an der Richtigkeit der mikroskopischen Mineralbestimmungen und ergaben, dass die Feldspatheinsprenglinge Labrador nebst sehr wenig Anorthit, die Feldspathleisten der Grundmassen dagegen vorwiegend Albit, vielleicht mit etwas Oligoklas seien. — In der gewöhnlichen obsidianartigen Lava trifft man oft in rundlichen, bis cubikmetergrossen Massen eine grüne, aus bis zu 2 mm grossen Krystallen von Anorthit, Pyroxen, Titanit, Olivin und Magnetit mit bald viel, bald wenig Glasmasse bestehende Lava und drusige Anhäufungen derselben Mineralien an, deren einzelne Gemengtheile gleichfalls analysirt wurden. Wir geben die Resultate dieser Sonderanalysen in folgender tabellarischer Übersicht:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
Kieselsäure	55.12	67.07	45.93	44.25	50.2	51.1	48.9	43.6	50.1	38.17	39.41	59.7	48.6	58.4
Thonerde	29.92	18.61	36.60	37.00	3.3	3.6	7.2	14.7	2.1	1.66	2.96	23.2	6.0	20.7
Eisenoxyd	0.35	4.91	0.88	0.43	0.4	1.0	1.3	—	1.6	—	—	0.4	21.3	8.1
Eisenoxydul	—	—	—	—	7.2	5.7	8.2	13.7	23.6	21.82	13.86	—	—	—
Magnesia	0.79	1.73	1.29	0.07	12.2	13.5	6.1	5.6	11.0	35.27	40.60	1.0	20.0	2.7
Kalk	9.45	1.02	16.09	18.98	26.4	26.4	27.8	22.8	10.5	2.90	3.97	7.9	3.2	6.2
Natron	5.08	5.62	—	0.28	—	—	0.1	0.3	—	—	—	6.6	Spur	3.7
Kali	0.08	1.33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.8	—	0.5
Titansäure	—	0.51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Summa	100.79	100.80	100.79	101.01	99.5	100.3	99.6	100.7	98.9	99.82	100.80	99.6	99.1	100.3
sp. G.	2.702	2.556	2.782	2.756	3.372	3.358	3.364	3.257	3.477	3.603	3.136	2.629	3.472	2.687

I. Labrador-Einsprenglinge der gewöhnlichen Georgios-Lava. II. Die mit wenig Glasbasis verunreinigten Feldspathleistchen in der Grundmasse derselben Lava. III. Anorthit aus den Lavablock-Einschlüssen. IV. Anorthit aus den Drusen. V. Dunkelgrüner Augit aus der normalen Georgios-Lava VI. Schwarzgrüner Augit aus der Anorthitlava. VII. Schwarzer Augit aus den Anorthitdrusen. VIII. Grüner Augit aus Drusen mit wenig Anorthit. IX. Brauner Hypersthen aus der gewöhnlichen Georgios-Lava, mit wenig Augit verunreinigt. X und XI. Olivin aus der Anorthitlava.

Schwer verständlich ist der hohe Kalkgehalt in Analyse IX und das sp. G. des Olivin XI. An letzterer Stelle liegt vielleicht ein Druckfehler vor. Ausser den Blöcken von Anorthitlava und den Anorthitdrusen umschliessen die Santorinlaven von 1866 noch Knollen aus Wollastonit, Fassait und Melanit, die wahrscheinlich metamorphe Einschlüsse ursprünglicher Kalksteinstücke darstellen und über welche bereits in diesem Jahrbuch 1875, pg. 649*, nach einer früheren Mittheilung von Fouqué, berichtet wurde; und endlich rundliche Knauer von einem Centimeter bis zu mehreren Cubikdecimetern Grösse, von graubrauner Farbe, fast homogenem und feinschlackigem Aussehen, welche fest mit der normalen Lava verwachsen sind. U. d. M. erweisen sie sich vorwiegend aus triklinem Feldspath mit wenig hellgrünem Augit, gelblichem Hypersthen und Magnetit zusammengesetzt, die in einer braunen, mit farblosen Mikrolithen durchspickten Glasbasis liegen. Der Plagioklas dieser Knauer hat die in der vorhergehenden Tabelle sub XII angegebene Zusammensetzung, die Analyse des Hypersthen findet sich eben dort unter XIII und die Bauschanalyse dieser Knauer unter XIV.

Besonders wichtig dürfte der Nachweis der verschiedenen Feldspathe in der Santorin-Lava sein und die deutlich erkennbare Reihenfolge ihrer Ausscheidung nach abnehmender Basicität; denn jedenfalls sind ja die Einschlüsse von Anorthit-Lava älter und gehören einer früheren Epoche der magmatischen Entwicklung der Hauptmasse der Lava an und in dieser sind wieder die Einsprenglinge älter, als die Feldspathleisten der Grundmasse. Auf das gleiche Gesetz weist der in den Anorthitlaven concentrirte Olivinegehalt hin. Weniger sicher ist die Stellung der fest mit der gewöhnlichen Lava verwachsenen Oligoklaslavaknollen in der Entwicklungsgeschichte des Gesteins. Sind sie nur locale Modificationen der albitischen Lava mit Labrador-Einsprenglingen oder stellen sie ein früheres Entwicklungsstadium dieser dar?

Auf den Laven des Jahres 1866 fanden sich vielfach Ablagerungen von Salzen. Zumal in einer mehrere Meter langen Spalte der Aphroessa-Lava, 35 m über dem Meeres-Niveau, fand sie Fouqué noch 1867 in beträchtlicher Menge und von blendender Weisse. Sie bestanden aus einem in kaltem Wasser löslichen, vorwiegend aus Chlornatrium mit etwas Natronsulfat und Magnesiabicarbonat zusammengesetzten (einmal fehlte das Magnesiumsalz und es fand sich statt dessen Natroncarbonat) und aus einem unlöslichen Theile. Letzterer erwies sich vorwiegend aus neutralem Magnesiabicarbonat, stellenweise mit etwas basischem Thonerdesulfat und Spuren von Eisenoxydhydrat und Kalksulfat zusammengesetzt. Nirgends konnten Brom, Jod oder Kalisalze nachgewiesen werden. Das Salzgemenge kann demnach nicht als ein blosser Absatz aus verdunstetem Meereswasser an-

* In dem angeführten Referate des Jahrbuchs wird irrthümlich angegeben, Fouqué suche den in Wollastonit gefundenen Thonerdegehalt durch mikroskopische Einschlüsse zu erklären, während im absoluten Gegensatze hiezu F. die Thonerde als integrierenden chemischen Bestandtheil betrachtet.

gesehen werden. FOUQUÉ sucht sich die widerspruchsvolle Zusammensetzung nach der Theorie GAY-LUSSAC's durch eine Einwirkung des Meerwassers auf die geschmolzene Lava zu erklären. Das Kali wäre in der Lava fixirt, die in grösserer Menge vorhandenen Natron- und Magnesiasalze nicht vollständig; die ersteren wären verflüchtigt, hätten die aus der Zersetzung ihrer Salze gebildete Magnesia mitgerissen und diese wäre durch die Einwirkung der Fumarolengase nachher in Chlormagnesium und Magnesia-carbonate übergeführt.

Die Aschen, welche die Eruption von 1866 lieferte, bestanden aus eckigen und scharfkantigen Fragmenten von sehr wechselnden Dimensionen und besaßen genau die Zusammensetzung der kompakten Gesteine; sie waren offenbar das Product der Zerstückung der schon hoch krystallin entwickelten Lava und unterscheiden sich dadurch wesentlich von den bimssteinartigen glasigen Aschen der vorhistorischen Eruptionen, welche sich auf Thera und Therasia finden. Dass VOGELANG in seiner bekannten Notiz über die Santorin-Aschen reichliche Glastheilchen fand, erklärt FOUQUÉ dadurch, dass dieselben wahrscheinlich auf einer Terrasse in Thera gesammelt wurden, die wie dort stets geschieht, mit einem Bimssteinmörtel bedeckt war. Korngrösse der Asche und relatives Mengenverhältniss der Gemengtheile war in hohem Grade abhängig von der Entfernung des Sammelpunktes vom Ausbruchspunkte.

Die Gasexhalationen bei dem Ausbruche von Santorin haben ein erhöhtes Interesse dadurch, dass in Folge ihres Austritts unter Wasser die Beimengung der atmosphärischen Luft und damit die Verbrennung der brennbaren Gase verhindert wurde. So erklärt sich denn auch die Menge der inflammablen Gasemanationen und die sicher constatirten Flammen, von denen schon oben die Rede war. FOUQUÉ theilt eine grosse Anzahl von Analysen der zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten gesammelten Gase mit, von deren Wiedergabe wir mit Rücksicht auf den Raum absehen müssen. Für die vom 28. März bis 26. Mai 1866 gesammelten Gasexhalationen ergab sich, dass in denselben freier Wasserstoff eine sehr grosse Rolle spielte; seine Menge stieg in der unmittelbaren Nähe der Eruptionscentren auf 30%. Mit der Entfernung vom Ausbruchspunkte und mit der Abnahme der Ausbruchsheftigkeit und der Temperatur des Wassers, aus welchem die Gase aufgefangen wurden, nahm die Menge des Wasserstoffes rasch ab, statt dessen tritt eine zunehmende Menge von Sumpfgas (in Maximo = 2.95) auf. Chlorwasserstoff war stets in grösserer Menge da, als Schwefelwasserstoff und die Menge des letzteren nahm mit der Temperatur ab. Stickstoff und Kohlensäure waren reichlich in allen Exhalationen vorhanden, Sauerstoff in sehr wechselnder Menge (im Minimum = 0.20%, im Maximum = 21.56%).

Im Frühling 1867 wurden wiederum Gase gesammelt, die sich unter dem Meere aus der fliessenden Lava an der fortschreitenden Stirn der verschiedenen Ströme entwickelten. Sie bestanden aus Spuren von Kohlensäure, Sauerstoff von 18—26%, Stickstoff von 72—22%, Wasserstoff von 2—57%, Sumpfgas bis höchstens 1%. Die fliessenden Laven enthalten also

freien Sauerstoff und freien Wasserstoff absorbiert und zwar anscheinend um so mehr Wasserstoff, je höher ihre Temperatur ist. Man könnte daraus schliessen, dass die enormen Wasserdampfmengen, welche bei vulkanischen Vorgängen auftreten, in dem Magma nicht als Wasser, sondern in Dissociation als H und O enthalten wären. — Die Gase, welche sich im September 1875 entwickelten, bestanden vorwiegend aus CO_2 (70–80%) mit wechselnden Mengen von Stickstoff und Sauerstoff und geringen Spuren von Sumpfgas und Schwefelwasserstoff.

Indem sich der Verf. alsdann der Betrachtung der älteren Theile des Santorin-Archipels zuwendet, giebt er zunächst eine genaue topographische und stratigraphische Beschreibung der Inseln Thera, Therasia und Aspronisi und schliesst daran die Besprechung des Materials, aus welchem sie sich aufbauen. Letzteres besteht aus alten Glimmerschiefern mit Einlagerungen von körnigen Kalken, aus vulkanischen Massen supramarinen und solchen submarinen Ursprungs. Im Norden von Thera und auf den andern Inseln herrschen entschieden die supramarinen vulkanischen Gesteine und erscheinen in der Form von Lavaströmen, Schlacken und Tuffen, Bimssteinen und Gängen. Zumal die letzteren sind sehr eingehend beschrieben und wir heben daraus als besonders wichtig etwa die folgenden Resultate hervor. Die Ganggesteine lassen ebenso deutlich wie die Laven erkennen, dass sie zur Zeit ihres Hervorbruchs schon eine grosse Anzahl von fertigen Krystallen mit sich führten; ihre Zusammensetzung ändert sich nicht in vertikalem Sinne, wohl aber sind meistens die Salbänder von der Gangmitte deutlich verschieden; sie sind vorwiegend glasig ausgebildet und chemisch saurer. Diese Erscheinung sucht F. dadurch mit der Thatsache des ursprünglichen Vorhandenseins von krystallinen Ausscheidungen in der Lava in Einklang zu bringen, dass er annimmt, bei der Ausfüllung einer Gangspalte seien mehrere Akte zu unterscheiden. Zunächst werde die specifisch leichtere glasige Masse, gewissermassen der Schaum der Lava emporgeworfen und kleide, nahezu momentan erstarrend, die Wände der Gangspalte aus, dann erst dränge die eigentliche Lavamasse nach und fülle die Spalten. — Ihrer Zusammensetzung nach zerfallen diese Ganggesteine des nördlichen Thera in zwei Gruppen, wengleich sie alle eine Glasbasis, also porphyrische Structur besitzen. Die erste Gruppe enthält in der Grundmasse kleine mikroskopische Leisten von Labrador, Magnetit und Augit (oft vorherrschend); das Glas ist stets globulitisch getrübt; als Einsprenglinge erscheinen Anorthit, Labrador (untergeordnet), Augit, Olivin, Apatit, Magnetit und Titanit. — Bei der zweiten Gruppe enthält die Grundmasse fast nur Albit und Oligoklas mit Magnetit, keinen oder doch nur wenig Augit; das Glas enthält keine oder nur wenig Globulite und ist deshalb heller; als Einsprenglinge erscheinen Labrador, untergeordnet Oligoklas und Sanidin, dann Augit, Magnetit, Hypersthen, Apatit und hie und da vereinzelt Olivin. Die zweite Gruppe ist also saurer, als die erste. Ref. würde die zweite Gruppe als typische Augit-Andesite, die erste als Basalte oder Zwischenglieder zwischen diesen und den Augit-Andesiten bezeichnen. Als secundäre Bildungen erscheinen in

der basischen Gruppe Eisenoxydhydrat, Calcit, Aragonit, Zeolithe und Chlorit, in der saureren Tridymit, den Forqué sich unter dem Einfluss des in den Laven eingeschlossenen Wasserdampfes auf dieselben im Augenblick und kurze Zeit nach der Eruption entstanden denkt. Auch diese Ganggesteine sind wieder sehr eingehenden chemischen Untersuchungen unterworfen; aus einer grossen Anzahl von Feldspath-Analysen dieser Gesteine glaubt Forqué schliessen zu können, indem er sich wesentlich auf die vorhandene, resp. fehlende Angreifbarkeit einzelner Theile des untersuchten Pulvers durch Säuren stützt, dass es zwischen Labrador und Anorthit kein Zwischenglied gebe, sondern dass die scheinbaren Zwischenglieder Gemenge beider seien. Ähnliches gelte für die Zwischenglieder von Labrador und Oligoklas, Oligoklas und Albit. Für die von ihm untersuchten Gemenge ist die Annahme gewiss unbestreitbar, ihre allgemeine Anwendung auf die Analysen von Plagioklasen, auf welche sich die TSCHERMAR'sche Theorie stützt, kann natürlich nicht zugegeben werden und dürfte zumal nach den neueren Untersuchungen über die optische Orientirung dieser Feldspathe zurückzuweisen sein. Höchst interessant ist der chemische Nachweis, dass die Pyroxene in den beiden Gruppen von Lavagesteinen des nördlichen Thera ihrer Zusammensetzung nach verschieden sind. In den Anorthitgesteinen sind die Pyroxene (sämtlich Augite) reich an Kalk und arm an Eisen; umgekehrt sind die Pyroxene der Labradorgesteine (Gemenge von vorwaltendem Hypersthen mit untergeordnetem Augit) arm an Kalk und reich an Eisen. Die gleiche Erscheinung zeigten, wie aus den früher oben mitgetheilten Analysen hervorgeht, die Pyroxene der Laven von 1866. Aus den Bauschanalysen einer Anzahl von Anorthitlaven und Labradoritlaven der genannten Gegend ergibt sich, dass die Grundmasse stets saurer ist, als die ausgeschiedenen Feldspathe. Geologisch vertheilen sich die beiden Gesteinsgruppen so, dass die ältesten Laven der Massive des Megalo-Vouno und des kleinen St. Elias anorthitisch sind; sie werden gangförmig sowohl von Anorthit-, wie von Labradoritlaven durchsetzt, doch sind Gänge der ersten Art am Megalo-Vouno häufiger, Gänge der zweiten Art am kleinen St. Elias. Eruptionen beider Lava-Arten haben sich abgelöst, denn die Gänge jeder durchsetzen die der andern. Eine Beziehung zwischen der Richtung der Gänge und ihrem Ausfüllungs-Material besteht nicht.

Indem wir von der Mittheilung der Feldspath-Analysen, als auf Gemenge bezüglich, Abstand nehmen, stellen wir im Folgenden die Sonder-Analysen der Pyroxene dieser Gesteine, sowie ihre Bauschanalysen tabellarisch zusammen.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII
Kieselsäure .	51.7	49.4	50.5	49.5	50.2	51.8	52.4	51.5	51.9	51.7	53.9	57.2	56.3	60.9	63.6	64.6	56.0
Thonerde . .	1.5	2.1	3.8	2.9	4.3	20.1	21.3	24.5	22.2	22.4	25.6	19.1	18.5	21.6	20.2	18.7	23.5
Eisenoxyd . .	1.6	0.9	0.4	0.7	0.9	11.6	8.7	8.8	7.1	7.4	5.7	6.9	6.0	4.3	5.9	6.2	5.3
Eisenoxydul.	8.5	10.4	19.2	17.1	24.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kalk	22.3	23.7	6.6	12.6	7.3	11.9	11.8	10.9	9.3	10.4	6.8	7.1	9.4	4.2	2.5	2.8	6.7
Magnesia . .	14.4	13.5	18.9	16.7	12.3	3.4	3.9	2.3	5.2	4.3	1.9	3.5	5.5	1.5	0.6	1.5	2.6
Natron	—	—	0.6	0.5	0.8	1.1	1.8	1.2	3.7	3.4	3.4	4.2	3.6	4.6	5.0	4.7	5.5
Kali	—	—	—	—	—	0.1	0.1	0.8	0.6	0.4	2.7	2.0	0.7	2.9	2.2	1.5	0.4
Summa	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
sp. G.	3.367	3.384	3.438	3.417	3.452	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

I. Augit aus der Anorthitlava des Ganges No. 4. II. Augit aus Anorthitlava des Ganges No. 27. III. Gemenge von Augit und Hypersthen aus Labradoritlava des Ganges No. 11. IV. Dasselbe Gemenge aus der gleichen Lava des Ganges No. 19. V. Dasselbe Gemenge aus derselben Lava des Ganges No. 53. (In dem Verzeichniss auf p. 340 ist dieser Gang durch Versehen als Anorthitlava bezeichnet, wie denn auch sonst Discordanzen zwischen Text und Verzeichniss vorkommen.) VI—X. Anorthitlava der Gänge Nr. 4, 34, 26, 31 und 20. XI—XVI. Labradoritlava der Gänge No. 32, 11, 19, 49, 62 und 53. XVII. Rosaroth, schiefrige Lava von trachytischem Habitus, die die Basis des kleinen St. Elias bildet. Ihre Feldspath-einsprenglinge sind Anorthit.

Eine genaue Durchsicht der Analysen-Tabelle lässt allerdings einen ziemlich constanten Unterschied in der Zusammensetzung der Anorthitlava und Labradoritlava nicht verkennen; indessen fehlt es doch nicht an Übergängen, wie sie zumal in der Analyse der Lava des kleinen St. Elias (XVII) und des Ganges No. 19 (XIII) hervortreten.

Von den besprochenen Gesteinen des nördlichen Thera weichen die des SW der Insel (Gegend von Akrotiri) sehr erheblich ab. Hier herrschen die saureren Gesteine und neben ihnen kommen untergeordnet recht basische vor. So treten klippenartig vor dem Hafen von Balos echte Basalte auf, deren Plagioklase z. Th. Anorthit, z. Th. Labradorit sind, wobei wiederum die Anorthite die älteren Ausscheidungen darstellen. Die Küste von Balos selbst wird von Augit-Andesiten gebildet, denen der Olivin gänzlich fehlt, und ähnliche Gesteine erscheinen auch im Dorfe Akrotiri und auf dem Vorgebirge Mavrorachidi.

Ausschliesslich im Süden des Querriegels, welchen auf Thera das alte Grundgebirge krystalliner Schiefer bildet, treten die saureren Eruptivgesteine auf. Sie sind, wie aus der oben besprochenen organischen Einschlüssen ihrer Tuffe hervorgeht, von pliocäнем Alter und submarinen Ursprungs und gehören in die Classe der Amphibol-Andesite. Sie bilden bankförmige Massen, haben graue Farben und enthalten in einer farblosen Glasbasis mit reichlichen krystallitischen Gebilden und mikroskopisch kleinen Feldspathleistchen grössere Einsprenglinge von brauner Hornblende, grünem Augit, Magnetit, Apatit und mehrerlei Feldspathen, unter denen der Labrador zu herrschen scheint. Sanidin fehlt nicht. Nach der Structur lassen sich drei Hauptvarietäten unterscheiden, die porphyrischen, die perlitischen, die bimssteinartigen. Die ersteren sind die verbreitetsten und dadurch charakterisirt, dass die Glasbasis eine Unmasse von Feldspathmikrolithen enthält; die perlitischen Amphibol-Andesite (sehr schön in kleinen Bänken am Fuss der Uferfelsen von Balos und auch am Cap Akrotiri) haben eine perlitisch struirte Glasbasis, in der die Feldspath-Mikrolithe gegen krystallitische Gebilde stark zurücktreten; die bimssteinartigen haben eine reine fadenartig ausgezogene Glasbasis. Die Einsprenglinge sind allenthalben dieselben. Interessant ist die Erscheinung, dass die perlitischen Kugeln der zweiten Varietät (von Balos, nicht die von Akrotiri), wenn man sie durch Zerbröckeln des Gesteins isolirt, die optischen Erscheinungen einer gepressten Glaskugel zeigen, während sie im Dünnschliffe, oder auch im kompakten Zustande nach starker Erwärmung, keinerlei Einwirkung auf polarisirtes Licht wahrnehmen lassen. — Nur vereinzelt (am Kap Akrotiri) fanden sich diese Amphibol-Andesite auch reich mit Sphärolithen versehen, die aus einem mit amorpher Masse durchtränkten radialstrahligen Aggregat schief zu ihrer Längsrichtung auslöschender Mikrolithe sehr winziger Dimensionen bestanden. Dieselben sind erst nach der Ausscheidung der Hornblende und der Feldspathe entstanden, denn sie schmiegen sich diesen an; ihr sp. G. ist 2.456, sie sind nahezu wasserfrei und verloren bei Erwärmung bis auf 100°C. nur 0.2%, bei weiterer

Erwärmung bis zu dunkler Rothgluth noch 0.3% Wasser. Ihre chemische Zusammensetzung findet sich in der folgenden Tabelle unter I.

Im unveränderten Zustande sind diese Amphibol-Andesite seltener anzutreffen; meistens sind sie stark mit amorpher Kieselsäure in verschiedenen Erscheinungsformen durchtränkt, auch wohl mit Zeolithen durchwoben und haben dann das Aussehen trachytischer Mühlsteinlaven.

Sie werden von bedeutenden Mengen eines Tuffes, den Fouqué Trass nennt, begleitet, von welchem sie, da auch dieser stark silicificirt zu sein pflegt, oft schwer zu unterscheiden sind. Eine Analyse dieses Trass, als wasserfrei betrachtet, folgt unten (II). Er verlor bei Erwärmung auf 100° C. 6.96%, bei Erhitzung bis zu Rothgluth fernere 4.40%, zusammen 11.36% Wasser.

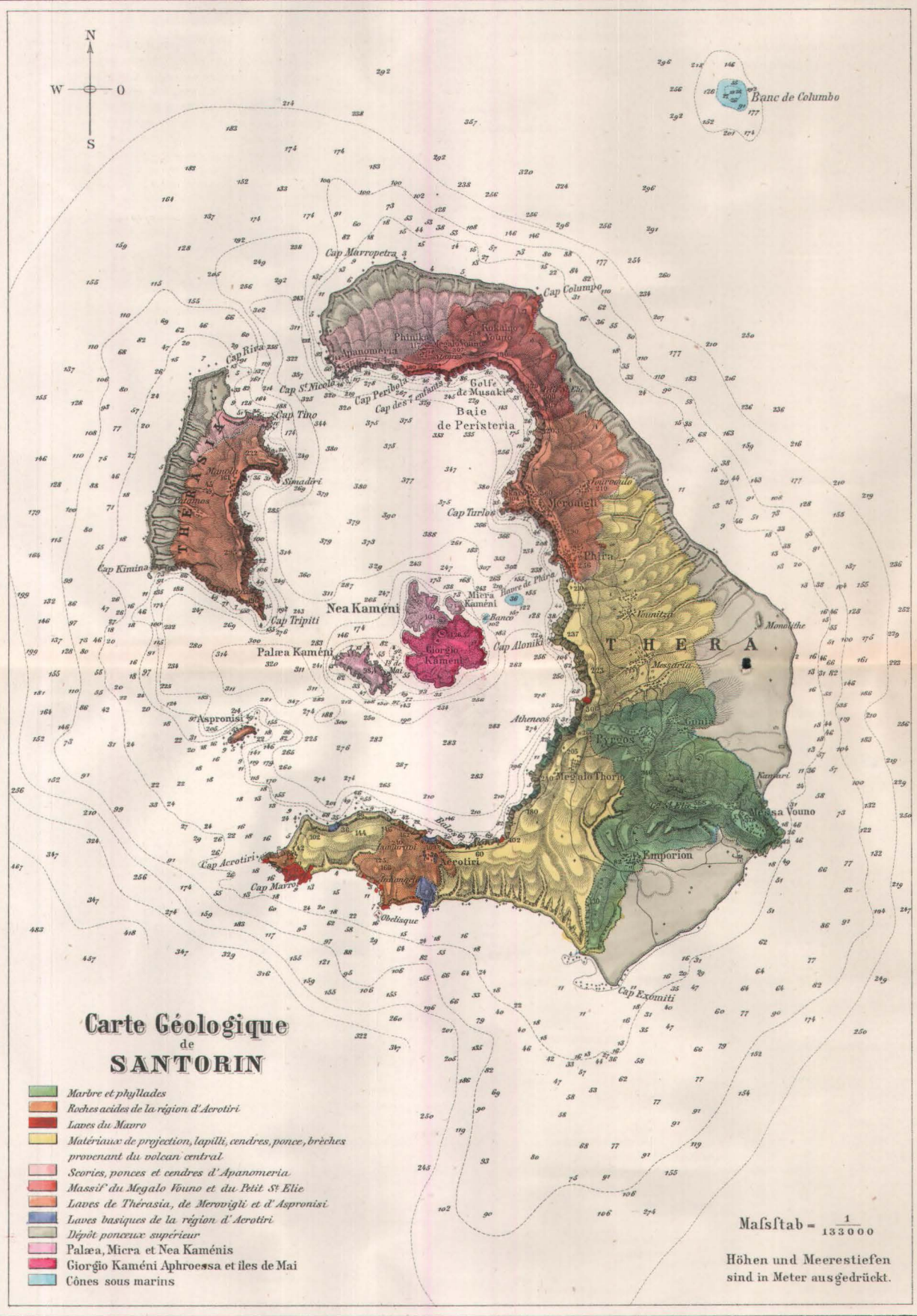
Während die Gesteine von Archangelo zu den Amphibol-Andesiten des Lumaravi und von Akrotiri gehören, weichen diejenigen von der Basis des „Obelisk“ genannte Kaps und der vorliegenden Inselchen, sowie die des Cap Mavro ab und ähneln den Kaimeni-Gesteinen.

In den Aschenschichten am Fusse der Uferfelsen von Thera und Therasia, zumal häufig auf der Südseite der zuerst genannten Inseln finden sich Blöcke körniger Gesteine eingeschlossen, die offenbar, da ihr Anstehendes nirgends im Santorin-Archipel aufzufinden ist, aus der Tiefe losgerissen und emporgeschleudert wurden. Sie gehören altmassigen Gesteinen an (Graniten, Dioriten etc.).

Eines der wichtigsten geologischen Gebilde des Santorin-Archipels ist die oberflächliche Bimssteinschicht, welche Thera, Therasia und Aspronisi bedeckt. Sie erreicht ihre Maximalmächtigkeit (30 m) bei Balos und im SW von Therasia und besteht aus wechsellagernden Schichten von Stücken verschiedener Grösse, vom feinen Staube bis über Faustgrösse, welche Schichten prächtig aufgeschlossen sind, weil man den Bimsstein in ungeheuren Mengen verschafft. In den oberen Schichten trifft man sehr zahlreich schwarze Blöcke der Labradorlaven des Nordens von Thera, deren Anwesenheit auf hohen und stark exponirten Punkten auch dann noch auf ursprüngliche Bimssteinbedeckung schliessen lässt, wenn dieser durch Denudation gänzlich verschwand. Seltener enthält die Bimssteindecke Fragmente der Anorthitlava, noch seltener solche der alten krystallinen Schiefer des grossen St. Elias. Von nicht auf Santorin anstehenden Massen finden sich ebenfalls Einschlüsse und zwar Diabase, ferner dieselben Blöcke, welche aus den Aschenschichten des SW von Thera erwähnt wurden und die zuerst von K. von FRITSCHE entdeckten Blöcke eines dunkelgrauen, porösen, pisolithischen Kalkes mit *Bithymia ulvae* (*Penn. sp. turbo*) und *Cerithium conicum* (BLAINV.), *mamillatum* (Risso). Der Bimsstein enthält Krystalle von Feldspathen, unter denen Sanidin zu herrschen scheint, von grünem Augit und braunem Hypersthen; man isolirt dieselben leicht durch Behandlung des Bimssteins mit concentrirter Flusssäure. Die chemische Zusammensetzung des von Krystallen befreiten Bimssteinglases, als wasserfrei gedacht, ist die unter III.

	I	II	III
Kieselsäure	75.9	73.2	71.0
Thonerde	14.5	13.8	16.8
Eisenoxyd	0.5	2.4	0.8
Kalk	1.3	0.6	0.8
Magnesia	0.7	1.1	0.7
Natron	6.2	4.9	7.4
Kali	0.9	2.1	2.0
Titansäure	—	3.2	0.5
	100.0	101.3	100.0.

H. Rosenbusch.



Carte Géologique
de
SANTORIN

- Marbre et phyllades
- Roches acides de la région d'Aerotiri
- Laves du Mauro
- Matériaux de projection, lapilli, cendres, ponce, brèches provenant du volcan central
- Scories, ponces et cendres d'Apanomeria
- Massif du Megalo Vouno et du Petit St Elie
- Laves de Thérasia, de Merovigli et d'Aspronisi
- Laves basiques de la région d'Aerotiri
- Dépôt poncveux supérieur
- Palæa, Micra et Nea Kaménis
- Giorgio Kaméni Aphroessa et îles de Mai
- Cônes sous marins

Mafsstab = $\frac{1}{133000}$

Höhen und Meerestiefen sind in Meter ausgedrückt.