

## Die vulcanischen Ereignisse in Mittelamerika im Jahre 1902.

Von

**Karl Sapper** in Tübingen.

Mit Taf. III—IX und 8 Textfiguren.

---

### I. Die vulcanischen Ausbrüche in Mittelamerika 1902.

Am 10. Mai 1902 hat der Izalco in der Republik Salvador nach 15 monatlicher Ruhepause seine gewohnte Thätigkeit wieder aufgenommen, im August stiess der Masaya in Nicaragua nach 43jährigem Ruhezustand wieder Rauch und Asche aus und am 24. October desselben Jahres fand am Südabhang des bis dahin als erloschen geltenden Santa Maria in Guatemala ein sehr heftiger Ausbruch statt, der meilenweit die Nachbarschaft mit seinen Auswurfsmassen verwüstete und ausserdem noch weitere Nachbargebiete nachträglich in Mitleidenschaft zog. Diese vulcanischen Ereignisse in Mittelamerika im Jahre 1902 zu schildern, ist der Zweck dieser Zeilen. Ich kann mich dabei wenigstens z. Th. auf eigene Anschauung berufen, da ich mich vom 24. October 1902 bis zum 23. December desselben Jahres in den Republiken Guatemala und Salvador aufhielt. Im Übrigen bin ich aber auf Zeitungsnachrichten, sowie die gefälligen mündlichen und schriftlichen Mittheilungen meiner zahlreichen Freunde, die in jenen Gebieten wohnen, angewiesen. Es ist daher wirkliche Vollständigkeit in der Aufzählung der Ereignisse und Erscheinungen naturgemäss nicht zu erreichen.

#### a) Die Vorboten der vulcanischen Ereignisse.

Als Vorzeichen des leichten Masaya-Ausbruches weiss Herr Dr. ERNST ROTHSCHUH (Managua) nur ein Erdbeben vom

25. Juni 1902 anzuführen, und ebensowenig sind dem Wiedererwachen der Izalco-Thätigkeit deutliche Vorzeichen vorausgegangen. Allein es scheint mir wahrscheinlich, dass die grosse Fluthwelle, die am 26. Februar 1902 die Westküste von Salvador heimsuchte, in einem gewissen Zusammenhang mit der Thätigkeit des Vulcans stehen könnte. Der naturbegeisterte Oberst AURELIO ARIAS schreibt über jenes Naturereigniss in der in San Salvador erscheinenden Zeitung *El Siglo XX*, No. 3184, 20. Juni 1902, in seinen *Observaciones geológicas*: „Am 26. Februar gegen 7 Uhr Abends richtete eine ausserordentliche Fluthwelle an der Barre des Paz und von Santiago im Grenzgebiet gegen Guatemala grosse Verwüstungen an; die Fluthwelle liess sich noch im Hafen von Acajutla beobachten. Ihr gingen starke Retumbos (unterirdische Getöse) voran, die aus dem Innern des Meeres kamen, ähnlich den Salven schwerer Artillerie; dazu kamen starke Erdbeben. Die Leute alarmirten sich und sahen, indem die Gewässer sich zurückzogen und einen grossen Theil ihres Bettes trocken liessen, eine schwarze Wand sich erheben: es war die grosse Welle, die ihre Wucht erlangte, indem sie sich zurückzog und dann mit furchtbarer Gewalt voranging, ohne den Unglücklichen Zeit zur Flucht zu lassen.“ Nach einer brieflichen Mittheilung des Directors des meteorologischen Observatoriums von San Salvador machte sich die Fluthwelle in einer Ausdehnung von ungefähr 120 km an der Küste fühlbar; im Dorf Santiago wurden etwa 100 Personen getödtet und ebensoviele verwundet, im Weiler Barra del Paz etwa 85 getödtet; Häuser und Bäume wurden ins Meer hinausgeschwemmt und den Leuten (nach ARIAS) die Kleidung vollständig vom Leibe gerissen. Nach Angabe des meteorologischen Observatoriums wären drei Wellen über das Land hereingebrochen, deren kleinste die erste war; als Ursache der Erscheinung wurde von ARIAS sowohl wie vom Director des Observatoriums die Bildung eines submarinen Vulcans in der Nähe der meist heimgesuchten Ortschaften angenommen. Ich selbst theile diese Ansicht nicht, wie späterhin noch auszuführen sein wird.

Im westlichen Guatemala bereitete die ausserordentlich vermehrte Zahl und Stärke der Erdbeben die Bewohner jenes

Gebietes auf ein aussergewöhnliches Ereigniss vor, das Viele von vornherein in der Form eines Vulcanausbruchs erwarteten; nur über den Ort, wo sich ein solcher einstellen dürfte, war man sich unklar, und während Einzelne den Lacandon für gefährlich erachteten, verdichtete sich der Verdacht Anderer auf die Gegend des Santa Maria, wie denn auch mir persönlich Herr HELMUTH SCHILLING, der eben die Erdbebendistricte des westlichen Guatemala bereist hatte, wenige Stunden vor Beginn des Ausbruchs mittheilte, dass in der Gegend des Zuñil oder Santa Maria der Herd der Erdbeben sein müsse, da in jenem Landstriche die Beben ihre grösste Intensität entfaltet hätten.

Wenn man die Erdbebenliste mustert, die ich demnächst veröffentlichen werde, so fällt in der That die enorme Zahl der Erdbeben im Zeitraum vom 18. April bis zum 24. October 1902 in hohem Maasse auf. Dabei ist aber hervorzuheben, dass die thatsächliche Zahl stattgehabter Erdbeben noch wesentlich grösser gewesen sein muss, denn es fehlt ja in Guatemala durchaus an systematischen Erdbebenbeobachtungen; Seismometer giebt es nicht und so werden denn nur an einigen Stellen diejenigen Erdbeben aufgezeichnet, die dem betreffenden Beobachter selbst fühlbar geworden sind oder ihm aus zuverlässiger Quelle mitgetheilt wurden. Das giebt naturgemäss nur höchst mangelhafte Erdbebenlisten und eine Verbesserung derselben ist nur möglich, wenn man die Listen mehrerer nahe benachbarter Stationen miteinander vergleicht und sie durch ihre abweichenden Angaben ergänzt. So konnten in der mitgetheilten Erdbebenliste wenigstens für einige Jahrgänge die Angaben für Las Mercedes durch die Aufzeichnungen der nur wenige Kilometer davon entfernt liegenden Kaffeepflanzungen El Tránsito und Miramar ergänzt werden. Leider sind für die letzten Jahre die Aufzeichnungen für El Tránsito nicht mehr zu bekommen gewesen, während sie für Miramar (und andere entferntere Orte, wie Morelia und San Diego) allzu sehr abgekürzt wurden, als dass sie noch Verwerthung hätten finden können (nur Angabe der Tage, nicht mehr der Tagesstunden!). Eine erhebliche Schwierigkeit der Benützung und Vergleichung der Erdbebenlisten verschiedener Stationen liegt in der Unzuverlässigkeit der Zeitangaben, denn nur in Guatemala-Stadt

darf man richtig gehende Uhren erwarten, während überall sonst im Lande die Uhren häufig eine halbe, manchmal sogar bis zu einer ganzen Stunde differiren, da nur höchst selten irgendwo, wie in Chimax (Alta Verapaz), die Uhr gelegentlich einmal durch einfache Sonnenbeobachtungen controlirt wird. Aus diesen Gründen ist die Identität zeitlich benachbarter Beben verschiedener Orte oft schwer oder gar nicht festzustellen. Dazu kommt, dass in gar nicht seltenen Fällen das Datum der Tage verwechselt worden sein dürfte, indem die Erdbebenlisten meist aus meteorologischen Tagebüchern etc. ausgezogen werden, wo ein Irrthum in Bezug auf das Datum leicht vorkommen kann; einen eclatanten Fall eines derartigen Irrthums giebt die Erdbebenliste des meteorologischen Observatoriums von San Salvador, wo das schwere Septemberbeben fälschlich auf den 22. (an Stelle des 23.) verlegt ist.

Schon diese angeführten Mängel lassen meine Erdbebenliste sehr als der Nachsicht bedürftig erscheinen; dazu kommt, dass sie ausser der Costa Cuca nur für die Alta Verapaz Aufzeichnungen für die ganze Dauer 1897—1902 bringt, während für Guatemala-Stadt und andere Orte Süd-Guatemalas mir nur kürzere Beobachtungsreihen zur Verfügung standen. Für die Monate Januar—December 1902 bekam ich ausser den Erdbebenaufzeichnungen des chemischen Laboratoriums der Münze von Guatemala auch diejenigen des meteorologischen Observatoriums von San Salvador zur Verfügung. Wer an Ort und Stelle sich befände, würde mit einiger Mühe wohl noch weitere Erdbebenbeobachtungen verwerthen können, aber aus weiter Ferne lässt sich das eben kaum erreichen.

Aber wenn auch demnach die Erdbebenliste höchst unvollständig und in Bezug auf Zeitgenauigkeit auch höchst unzuverlässig ist, so theilt sie doch eine recht beträchtliche Summe von thatsächlich beobachteten Erderschütterungen mit, die immerhin gewisse Schlüsse zulassen. Zunächst bestätigt die Erdbebenliste wiederum die früher schon<sup>1</sup> gezogenen Folgerungen, dass nämlich das Kalksteingebiet der Alta Verapaz in gewissem Sinn als eine besondere Erdbebenzone

---

<sup>1</sup> Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1897. p. 201 ff. (Vergl. auch 1890. p. 160 ff. und 1894. p. 832 ff.)

(infolge der dort nicht selten auftretenden localen Einsturzbeben) gelten darf. Ferner zeigt sich, dass die Vulcanregion am häufigsten von Beben heimgesucht wird. Recht selten erschüttern einzelne Beben das ganze Land Guatemala (und mehr oder weniger ausgedehnte Nachbargebiete). Diese Beben sind theils als tektonische Beben aufzufassen, theils als besonders heftige vulcanische Beben, wie z. B. die Beben vom 23. September 1902 und vom 13. Januar 1903.

Ein Vergleich der Beben, die in Las Mercedes und anderen Orten der Costa Cuca und ihrer Umgebung beobachtet worden sind, und derjenigen, die aus Guatemala-Stadt und San Salvador bekannt geworden sind, zeigt ferner, dass im Jahre 1902, als jene grosse Erdbebenserie einsetzte, die dem Vulcanausbruch des Santa Maria voranging und ihn begleitete, offenbar in Süd-Guatemala und noch mehr in Salvador doch auch eine ganze Reihe von Beben völlig unabhängig davon war und ihren Ursprung in näher gelegenen, wohl ebenfalls vulcanischen Herden hatten. Es ist ja nach den oben mitgetheilten Schwierigkeiten unmöglich, zu entscheiden, ob manche der auf der Liste nicht zusammenstimmenden Beben der Costa Cuca und Süd-Guatemalas thatsächlich verschiedene Beben waren oder ob nur die mangelhafte Beobachtung zur Nichtregistrirung in den einzelnen Fällen geführt hat.

Ein besonderes Interesse beanspruchen naturgemäss die schweren Beben, die weite Länderstriche erschütterten und z. Th. besondere Begleiterscheinungen zeigten: ich meine die Beben vom 18. Januar, 18. April und 23. September 1902, vom 13. Januar und 27. Februar 1903. Über die letzteren liegen mir ausser allgemeinen Bemerkungen keine Angaben vor, so dass hier nicht darauf eingegangen werden kann; es sei hier nur erwähnt, dass das Beben vom 13. Januar 1903 auch in der Alta Verapaz (7<sup>h</sup> 40 p. m.) verspürt wurde und am See von San Cristobal eine Wasserschwankung von 5 cm Ausschlag verursachte (H. SCHILLING); zugleich wurde in San Cristobal, Coban und Tucurú starker Geruch (nach H<sub>2</sub>S?) wahrgenommen.

Über die drei grossen Beben des Jahres 1902 möge zunächst meinem verehrten Freund EDWIN ROCKSTROH, der als Chef der wissenschaftlichen Untersuchungscommission der

Republik Guatemala das Gebiet des Bebens vom 18. April mehrere Monate lang bereiste, das Wort gegeben sein (nach einem Privatbrief aus Gualan vom 2. December 1902, da sein Bericht an die Regierung von Guatemala offenbar nicht zur Veröffentlichung gelangt ist). ROCKSTROH schreibt:

„Drei grössere Erdbeben erschütterten am 18. Januar, 18. April und 23. September Guatemala und seine Nachbargebiete.

Über das Beben am 18. Januar konnte ich feststellen, dass es an der ganzen pacifischen Küste von Soconusco bis San José de Guatemala, im Inlande bis San Marcos, Quezaltenango und Guatemala deutlich gespürt wurde<sup>1</sup>. Es zerstörte eine Anzahl Gebäude in San Francisco Zapotitlan (Kirche und Cabildo, sowie einige Adobe-Wohnhäuser) und in der nahebei gelegenen Finca Venecia (ein Schornstein stürzte ein und mehrere Wände erhielten Risse). Auch die Finca Santa Cecilia litt Schaden an den Gebäuden. Sehr heftig war dasselbe Beben in der „Costa de Cúchu“ (La Reforma), südlich von San Antonio, wo in der Finca La Paz das zweistöckige Wohnhaus und die „Patios“ stark beschädigt wurden. Das Beben war lang, aber über die Dauer konnte ich nichts Exactes erfahren, doch scheint es über 30 Secunden angehalten zu haben. Die Richtung war aus SW. oder SSW. In Guatemala wurde es 5<sup>h</sup> 20 p. m. beobachtet.

Das zweite Erdbeben, 18. April 8<sup>h</sup> 25 p. m., war viel stärker und erschütterte die ganze Region zwischen Mexico (Stadt) und Nicaragua<sup>2</sup>, besonders auf der pacifischen Seite. Auch im Peten und Belize wurde es gespürt. Die Dauer war über 50 Secunden (von Soconusco bis Guatemala), weiter im Osten und Südosten scheint es kürzer gewesen zu sein. An der pacifischen Küste wurde Ocos am schwersten getroffen. Auf der sanft geneigten Küstenebene erlitten die Ortschaften bis zu etwa 500 m Meereshöhe weniger Schaden als in dem darauf folgenden Abfall des vulcanischen Gebirges, wo besonders die zahlreichen Kaffeepflantagen sowohl durch Zer-

<sup>1</sup> Es wurde, wie die Erdbebenliste zeigt, auch noch in der Alta Verapaz, aber nicht mehr in San Salvador verspürt. SAPPER.

<sup>2</sup> In San José de Costarica wurde das Beben dagegen laut Mittheilungen meines verehrten Freundes ENRIQUE PITTIER nicht mehr verspürt.

störung von Gebäuden, Maschinenanlagen, Wasserleitungen und Patios (Trockenplätze), als durch Verwüstung in den Pflanzungen infolge ausgedehnter Erdbeben stark litten.

Die grössten Verwüstungen richtete das Erdbeben in den Ortschaften des Hochlandes zwischen Sololá und Tejutla an; am meisten wurden Quezaltenango, San Juan Ostuncalco, San Pedro Zacatepequez und San Marcos betroffen, auch San Martin Chileverde ist zu erwähnen. Salcajá und Totonicapam litten beinahe gar nicht. Die Gesamtzahl der beim Erdbeben ums Leben Gekommenen beträgt 330—335, davon 129 in Quezaltenango, 59 in Los Alizos, 49 in San Pedro Zacatepequez.

Während an der Küste und am Gebirgsabhang, sowie in den beschädigten Ortschaften östlich von Quezaltenango die Fallrichtung von Wänden und Gegenständen, Spalten und Drehungserscheinungen prismatischer Pfeiler und Säulen und andere Erscheinungen eine Richtung des Bebens von SSW.—NNO. deutlich erkennen lassen, beobachtete ich in Quezaltenango und San Marcos, ganz abgesehen von der unregelmässigen Orientirung der Häuser und Strassen, unzweifelhafte Wirkungen von Stössen aus anderen Richtungen, besonders SO. und auch von N. Meiner Ansicht nach sind in jener Region durch das ursprüngliche Beben andere ausgelöst worden und war die Gesamtwirkung deshalb dort so verderblich.

Spalten und Erdrisse interessanter Natur scheinen nur bei Ocos vorgekommen zu sein. Auch da waren dieselben nicht bedeutend und grösstentheils durch vor meinem Besuch eingetretenen Regen sehr verwischt. An vielen Wegen, welche steilen Hängen entlang führten, war die wohl lockere Aussen-seite etwas abgerutscht oder zusammengesackt, allen Windungen des Weges folgend. Nirgends beobachtete ich Spalten, welche die Wege gekreuzt oder eine merkbare locale Verwerfung angezeigt hätten.

Von den oft ganz enormen Erd- und Felsmassen, welche besonders an den steilen Wänden vieler Barrancos (Schluchten) abgestürzt waren, wurden natürlich die meisten Wege oft auf ansehnliche Strecken hin überschüttet und z. Th. weggerissen; solche niedergehende Massen dämmten auch (zwischen

Chubaj und Cuchu) den Rio Naranjo ab, dessen Bett unterhalb für 24 Stunden trocken blieb. Dasselbe ereignete sich beim Rio Ixtacapa und Rio de la Cal (zwischen Chocolá und Samayac), die ca. 7 leguas oberhalb von Samayac beim Cerro Pecul für einen Monat abgedämmt wurden und einen See bildeten, der aber schliesslich den Damm durchbrach; die dem Durchbruch folgende Hochfluth richtete aber weiter keinen Schaden an.

Nach dem 18. April wurden eine ziemliche Anzahl Nachbeben beobachtet, die besonders in der Zone der Boca Costa von Chubaj bis zur Costa Grande häufig waren. Im Monat August zählte ich in Chocolá 16, z. Th. mit starkem unterirdischen Geräusch; eines kam unzweifelhaft aus SW., andere direct von W., die letzten von NW. Viel zahlreicher waren diese Beben zwischen San Felipe und der Costa Cuca. Die meisten hatten sehr geringe Ausdehnung, waren sehr local und wurden wahrscheinlich durch die vulcanische Thätigkeit, welche schliesslich den Ausbruch am SW.-Abhang des Santa Maria hervorrief, veranlasst.

Ein weitverbreitetes Erdbeben ereignete sich noch am 23. September 2<sup>h</sup> 16 p. m. Nachrichten darüber liegen aus der ganzen Republik (auch dem Peten) und von Belize vor<sup>1</sup>. In der Hauptstadt war es von über 50 Secunden Dauer, rein undulatorisch und kam von SSW. oder SW. Längere Dauer (über 1 Minute) wird aus Quezaltenango berichtet, wo ein Kind durch eine einstürzende Mauer getödtet wurde. Besonders stark soll es auch in Sololá und in Totonicapam gewesen sein.

Während meiner Reise (die mich auch rund um den Santa Maria führte) bemerkte ich nirgends Zeichen vermehrter vulcanischer Thätigkeit an heissen Quellen (Quezaltenango, Almolonga), Fumarolen (Zuñil) oder an den stark kohlenstoffhaltigen Quellen bei San Antonio und La Sabina.

Ich bin der Meinung, dass die drei Beben vom 18. Januar, 18. April und 23. September tektonische waren und durch Dislocationen im Boden des Pacifischen Oceans hervorgerufen

<sup>1</sup> Nach Mittheilungen von Herrn MANUEL PASTRANA, Director der meteorologischen Centralstation von Mexico, wurde das Beben auch noch in Mexico-Hauptstadt und Morelia sowie in Mérida (Yucatau) verspürt, ausserdem laut Erdbebenliste auch in San Salvador. SAPPER.

wurden, die wohl auch den Bruch des Kabels zwischen San José und Puerto Salina Cruz verursachten.

Von den zahlreichen Beben, die nach dem 18. April auftraten, waren wohl nur ein Theil einfache Nachbeben, die meisten jedenfalls rein vulcanischer Natur. Die Ausbrüche auf Martinique und S. Vincent, die starke Thätigkeit des Izalco seit April (besonders im Juni) und der Ausbruch des Masaya deuten ja überzeugend auf eine sehr energische Äusserung vulcanischer Kräfte hin. Meiner Überzeugung nach haben die erwähnten Erdbeben und die angeführten Eruptionen eine gemeinsame Ursache — aber was es ist, weiss ich nicht.“

Herr Ingenieur CARL LIST, der in Ocos, dem meist heimgesuchten Platz, die drei grossen Erdbeben des Jahres 1902 mitgemacht und mir brieflich ziemlich eingehend beschrieben hat, stimmt in Bezug auf die Entstehungsweise und Art der beiden Beben vom 18. Januar und 18. April durchaus mit ROCKSTROH überein und hebt als einzigen Unterschied der beiden genannten Beben die verschiedene Intensität hervor. Es war in beiden Fällen ein einziger heftiger Stoss aus SSW., der alles in lebhaft Schwingungen versetzte; am 18. April war die Wirkung, der grösseren Intensität entsprechend, auch wesentlich kräftiger als am 18. Januar, und prägte sich sogar plastisch in dem lockeren vulcanischen Sand aus, der die langgestreckte Insel von Ocos bildet: drei parallele, von der Seeseite her sanft ansteigende, gegen die Landseite zu jäh abfallende Wälle blieben nach dem Erdbeben im Sand ausgeprägt übrig und LIST schreibt darüber: „Genau so, wie wir hier jeden Augenblick auf der Playa (dem Strand) den Tumbo (Brandung) sich brechen sehen, so ist dieser Tumbo (des Bebens) hier in dem Sand von Ocos gleichsam modellirt, ganz genau dieselben Erscheinungen; die Spuren liegen im Allgemeinen parallel der Küstenlinie und können in einer Längenausdehnung von vielleicht einer englischen Meile verfolgt werden.“ Ähnliche Erscheinungen sollen sich auch auf dem Sandstrand jenseits der mexicanischen Küste nahe S. Benito gezeigt haben. Noch deutlicher als im Sand von Ocos war die Wellenform an dem 348 m langen, auf Stahlpfeilern ruhenden Landungssteg des genannten Hafenplatzes zu bemerken. Der deutsche Viceconsul in Ocos, Herr DICKMEYER,

schrieb hierüber in einem Privatbriefe: „Ca. 300 Fuss vom Schuppen (am Ende des Stegs) fangen die Zerstörungen an, und zwar bekommt hier die Oberfläche der Muelle (des Stegs) ein absolut wellenförmiges Aussehen, welches sich auf eine Länge von 620 Fuss erstreckt. In der Mitte des beschädigten Theils haben sich die Stahlpfeiler über 2 Fuss gesenkt.“ Herr LIST aber berichtet in einem Briefe vom 12. August 1902 ergänzend Folgendes: „Die Wellen auf dem Pier haben eine Länge von 25—30 m und eine Tiefe bis zu 25 und 30 cm; diese Wellen sind durch den ganzen Ort zu verfolgen; z. B. der Boden meines Kaffeemagazins ist vollständig gewellt. An Häusern sowohl als an meiner Brücke<sup>1</sup> über den Estero habe ich beobachtet, dass sich die Pfeiler nach vorn oder nach rückwärts (in der Stossrichtung) neigten, je nachdem die Welle nach unten oder nach oben ging, und dass selbe senkrecht blieben im Wellenthal oder Wellenberg.“ Leider liegen von diesen merkwürdigen Erscheinungen keine Photographien vor. Als Maass für die Stärke des Erdstosses führt Herr LIST an, dass zwei je 20 t schwere Locomotiven 6 Fuss gegen die Stossrichtung sich bewegten.

Nach dem 18. April setzten sich die Beben in Ocós beständig fort, oft 10 und 20 pro Tag, und 10—14 Tage später wiesen die zweimal täglich auftretenden Überschwemmungen des ganzen Dorfs und des tiefgelegenen Küstenstreifens bis etwa 1 (englische) Meile Entfernung vom Meer darauf hin, dass sich der ganze Landstrich um etwa 3 Fuss gesenkt habe. Da diese Überschwemmungen nach einem Briefe LIST's vom 12. August 1902 bis zu jenem Zeitpunkt regelmässig sich wiederholten, so scheint es in der That sich hier um eine dauernde Senkung zu handeln, obgleich LIST im gleichen Briefe sich zu der Ansicht bekennt, dass die ständigen Beben infolge einer Tangentialkraft das Wasser local in der Gegend von Ocós anhäufen sollten. Letztere Ansicht erscheint mir durchaus unwahrscheinlich; eine rein locale Senkung der Sandinsel von Ocós infolge Zusammensinkens des Sandes wegen der häufigen Erschütterungen erscheint ebenfalls wenig glaubhaft, da sich ja die Überschwemmungen noch ziemlich

---

<sup>1</sup> Herr LIST ist Superintendent der Ocós-Bahn.

weit in das bereits aus festerem Material (Lehm, Kies u. s. w.) bestehende Inland hinein geltend machen; ob aber thatsächlich eine Küstenabsenkung stattgefunden hat, wie mir die Schilderung des Thatbestandes durch LIST nahe legt, wage ich, ohne Untersuchungen an Ort und Stelle ausgeführt zu haben, nicht zu entscheiden.

Bezüglich des von zahlreichen Nachbeben begleiteten Bebens vom 23. September 1902 schreibt mir Herr LIST in einem Briefe vom 10. October 1902: „Das Beben dauerte hier 65 Secunden; es waren unendlich lange Wellen. Das Beben war von den anderen Beben absolut verschieden.“ Diese Bemerkung LIST's ist sehr werthvoll, insofern sie der Ansicht ROCKSTROH's, der die drei Beben als ganz gleichartig ansieht, entschieden widerspricht, und sie fällt um so mehr ins Gewicht, als LIST in Ocos die drei Beben selbst beobachtet hat, während ROCKSTROH die beiden erstgenannten Beben nur aus ihren Folgeerscheinungen kennen gelernt hat und am 23. September bereits ausserhalb des Hauptbebengebiets sich befand, also nur nach Beschreibungen sich eine Meinung bilden konnte. Eine starke barometrische Depression sieht Herr LIST als Veranlassung des Bebens an.

Abgesehen von ROCKSTROH's und LIST's Berichten befassen sich nur wenige Nachrichten eingehend genug mit den Beben Guatemalas, um Schlüsse irgend welcher Art zu gestatten; meist werden nur die Folgen beschrieben, die Erdbebenerscheinungen selbst gar nicht erwähnt. Ich kann daher nur wenige Localberichte hier mittheilen, die von einigem Interesse wären. Zunächst mögen die Mittheilungen kommen, die Herr C. F. WIDMAIER aus Soconusco (Finca S. Cristobal, nordwestlich von Tapachula) mir in einem Briefe vom 8. März 1903 gemacht hat. Er sagt: „Die früheren Erdbeben seit 9 Jahren kamen immer von nordwestlicher Richtung und gingen in süd-östlicher, bis zu dem vom 18. Januar 1902, Abends 5 Uhr, welches in östlicher Richtung kam, aber nicht vorbeizog wellenförmig, wie man es früher gewöhnt war, sondern es schüttelte nur; die Stösse kamen direct von unten, als wie wenn sich der Boden aufthun wollte und dauerte 2—3 Minuten; der Schaden war allgemein beträchtlich. Vom 18. Januar an hatten wir

auch, wie gewöhnlich, leichte Erdbeben, aber sie kamen alle von SO. nach NW.

Das stärkste aller jetzt dagewesenen Erdbeben war am 18. April 1902, Abends 8 Uhr, beginnend mit einem heftigen Stoss, aber doch leichter als die darauffolgenden. Man kann 5—6 äusserst starke annehmen; es sollen im Ganzen 66 Stösse gewesen sein; Thatsache ist, dass es für 12 Stunden mit kurzen Unterbrechungen schüttelte. Die Stösse kamen auch von unten wie im Januar, der Schaden war allgemein sehr gross. Dann vom April bis 23. September hatten wir von Zeit zu Zeit leichte wellenförmige Erdbeben, alle von SO. nach NW. gehend. Am 23. September, Nachmittags 3 Uhr, fing es wieder an, aber diesmal wellenförmig; eigentlich war es das stärkste und längste von allen, nur kamen die Stösse langsam und direct vom Santa Maria her, deshalb hat es wohl auch weniger geschadet als im April.

Die Erdbeben während des Aschenregens kamen auch alle von der Richtung des Santa Maria.

Am 13. Januar 1903 hatten wir wieder ein sehr starkes Erdbeben, welches von derselben Richtung kam wie das vom September.

Am 27. Februar hatten wir wieder einige stärkere Stösse, die mit einem sehr starken Getöse kamen, genau als wie wenn einige Wagen vorbei sausen würden; sie haben aber keinen Schaden angerichtet.“

Von einheimischen Berichten seien erwähnt diejenigen der República-Correspondenten von Tonicapam und Quezaltenango. Ersterer schreibt: „Am 18. April um 8<sup>h</sup> 25 Abends wurde hier das Erdbeben in grosser zeitlicher Dauer und mit noch nie dagewesener Stärke verspürt; es stürzten aber nur einige Wände ein, während zwei oder drei öffentliche Gebäude und viele Privathäuser Risse bekamen. Das Beben kündigte sich hier zwei Tage vorher mit sehr starken unterirdischen Geräuschen an und einem heftigen Erdstoss zwischen 10 und 11 Uhr Morgens am 17. April. Diese Erscheinungen hatten uns keine Besorgniss eingeflösst, da sie seit 18—20 Jahren sich öfters eingestellt haben.“ Die unterirdischen Getöse (retumbos), die in der That nach mündlichen Mittheilungen in Tonicapam sich besonders häufig und stark vernehmen

lassen, sind auch an vielen anderen Stellen des Landes beobachtet worden; sie sind aber ein so häufiges Phänomen, dass sie bei den Bebenberichten zumeist gar nicht erwähnt werden und auch in der ausführlichen, leider an beschreibenden Bemerkungen sehr armen Erdbebenliste von Las Mercedes nicht aufgezeichnet worden sind.

Der República-Correspondent von Quezaltenango berichtete über das Beben vom 18. April 1902: „Um 8<sup>h</sup> 20 p. m. verspürte man plötzlich eine heftige Erderschütterung gleich der vom 18. Januar laufenden Jahres. Darnach befanden wir uns einige Secunden in constanter Oscillation, als sich aufs Neue der starke Sturm erhob, der alles, was in seinem Bereich war, so sehr erschütterte, dass sofort die Dächer und hernach die Wände herunterstürzten, wobei sie in ihrem Schooss viele Personen begruben. Als Folge davon erhob sich eine Staubwolke, die die ganze Stadt in Nacht hüllte, und inmitten derselben zeigte sich ein Feuerschein, der der Stadt einen wahrhaft beklagenswerthen Anblick verlieh. Dieser Feuerschein rührte von dem Brande her, der sich im Augenblick des Erdbebens des Hauses der Frau DOLORES APARICIO bemächtigte u. s. w.“

Wichtig an diesem letzteren Bericht ist der Hinweis auf die Gleichartigkeit des Bebens vom 18. Januar mit dem ersten Stoss des Bebens vom 18. April, eine Beobachtung, die ja auch von LIST für Ocós bestätigt wird. Da aber in Ocós das Beben sich in einem einzigen heftigen Stoss mit nachfolgenden Schwingungen erschöpfte, hier aber ein zweiter noch heftigerer Stoss<sup>1</sup> einsetzte, der erst die Zerstörung der Stadt bewirkte, so gab mir dieser Umstand schon bei Abfassung meines provisorischen Erdbebenberichtes (in PETERMANN's Mittheilungen. 1902. Heft XI erschienen, im Juli 1902

---

<sup>1</sup> Mündliche, in Quezaltenango selbst eingezogene Erkundigungen besagen, dass nach dem ersten aus SSW. kommenden Stoss die Stösse aus allen möglichen Richtungen zu kommen schienen, womit auch ROCKSTROM's Bericht über den Thatbefund übereinstimmt. In El Tránsito erhielt ich von Herrn HERMANN die mündliche Mittheilung, dass am 18. April einem ersten, 3—4 Secunden anhaltenden Stosse eine Anzahl noch stärkerer Stösse nachfolgte. Vom 18. April bis zum Vulcanausbruch verging dort kein Tag ohne Retumbos und Erdbeben.

abgefasst) die Vermuthung ein, dass zwar der Herd für das Beben des 18. Januar und den Anfangsstoss vom 18. April derselbe sei, dass aber der zweite Stoss in Quezaltenango möglicherweise „einem Relaisbeben zuzuschreiben sei, das erst durch die Erdbebenwelle von Ocos ausgelöst worden wäre und sich längs der guatemalteckischen Vulcanreihe ausgebreitet hätte“. Dass dies Relaisbeben vulcanischer Natur wäre, machte schon die Ausbildungsweise desselben wahrscheinlich, da schon ein oberflächlicher Blick auf die Erdbebenkarte (PETERM. Mitth. 1902. Taf. 17) zeigte, dass zwei getrennte Gebiete grössten Schadens sich zeigten: ein kleineres in der Nähe von Ocos und ein grösseres im guatemalteckischen Vulcangebiet. Zu noch grösserer Wahrscheinlichkeit wurde diese Vermuthung gefördert durch den mit dem 18. April einsetzenden Erdbebenschwarm, bei dessen Einzelerstütterungen sich tagtäglich unterirdische Detonationen, sowie die Stossrichtung von der Vulcangruppe Quezaltenangos her beobachten liessen. Auch der Umstand, dass das Beben vom 18. April in der Gegend eben dieser Vulcangruppe verhältnissmässig die stärksten Wirkungen ausgeübt hatte, spricht in gleichem Sinn. Ich glaube daher, dass in der That das tektonische Beben von Ocos ein vulcanisches ausgelöst hat, dessen Epicentrum in der Nähe des Santa Maria sich befand. Die mechanische Erschütterung des tektonischen Bebens (oder auch die Lagenänderung der bewegten Erdscholle) hatte das labile Gleichgewicht gestört, in dem sich damals bereits der vulcanische Herd befand. Auch das Beben vom 23. September möchte ich als einen erneuten Durchbruchversuch der gespannten Gase des Erdinnern auffassen.

Eingehende Schilderungen des Bebens vom 23. September sind mir von zahlreichen Zeugen desselben in Quezaltenango und anderen Orten gemacht worden, ohne dass ich über die charakteristischen Einzelheiten völlig ins Klare gekommen wäre. An Intensität gab es dem Beben vom 18. April nicht nach; es war aber mehr undulatorisch und löste sich zuletzt in eine Anzahl dem Gefühl nach horizontaler Schwingungen von bedeutendem Ausschlag in etwa ovaler Bahn aus. Derartige Beben mit horizontaler Schwingung sind nach Mittheilungen des Herrn CARL SAUERBREY um und nach der Zeit

des Vulcanausbruchs auch sonst zuweilen aufgetreten; ich selbst habe aber unter den zahlreichen Beben, die ich in Quezaltenango und sonstigen Ortschaften in der Nähe des Vulcans miterlebt habe, leider keines dieser eigenartigen Phänomene beobachtet. Die Grösse der horizontalen Componente beim Beben vom 23. September deutet übrigens auch LIST für Ocós an, indem er von „unendlich langen Wellen“ spricht. Es scheint das fast darauf hinzudeuten, als ob die Gasexplosion, die etwa als Ursache des Bebens angesehen werden könnte, bereits ziemlich nahe der Erdoberfläche erfolgt wäre.

Trotz der grossen Heftigkeit des Bebens vom 23. September ist der Schaden in Guatemala<sup>1</sup> relativ gering gewesen theils wegen des Fehlens scharf ausgeprägter Stösse, namentlich aber deshalb, weil alle auffälligen Häuser u. s. w. bereits dem Beben vom 18. April zum Opfer gefallen waren. Der materielle Schaden kann ja im spanischen Amerika überhaupt nicht als Maass für die Intensität der Beben angenommen werden, wie ich schon in meinem vorläufigen Bericht in PETERM. Mitth. auseinandergesetzt habe, da die Verschiedenheit der Construction der einzelnen Gebäude hier von ausschlaggebender Wichtigkeit ist. Ich habe mich davon bei der gemeinsam mit Herrn Dr. BRUNO MIERISCH ausgeführten Untersuchung des nicaraguensischen Bebens vom 28. April 1898<sup>2</sup> überzeugen können; wir haben gefunden, dass die Adobe-(Luftziegel-)Häuser am leichtesten den Erderschütterungen erliegen; dann folgen massive Steinhäuser. Die Fachwerkbauten sind bereits widerstandsfähiger, noch mehr die reinen Holzhäuser, am meisten die einfachen Ranchos mit Rundholzpfeilern und dem mit Lianen daraufgebundenen Dachstuhl. Auch die Dachdeckung (ob Ziegel, Wellblech oder Blätter) ist wegen ihrer Befestigungsweise und Schwere von Bedeutung.

Meine auf Taf. 17 des Jahrgangs 1902 von PETERM. Mitth. gegebene Karte der Ausbreitung des Bebens vom 18. April

<sup>1</sup> In Mexico dagegen zog sich nach Mittheilungen des Herrn MANUEL A. PASTRANA, Director der meteorologischen Centralstation, ein Streifen intensiver Schadenwirkungen durch ganz Chiapas und Tabasco hindurch.

<sup>2</sup> Globus Bd. LXXV. 1899. S. 201 ff.

in Guatemala hat sich im Allgemeinen nach Bereisung eines grossen Theiles des Hauptgebiets als richtig erwiesen. Nur sind darauf die Flächen geringerer Intensität inmitten solcher von hoher Intensität einzuschränken; so gehören zu solchen bevorzugten Gebieten allerdings die Stadt Totonicapam und die Dörfer Almolonga, Zalcajá, Zuñil und Cantel, aber keineswegs das Dorf S. Martin Chile verde. Allerdings ist in letztgenanntem Dorf mit Ausnahme der Kirche kein einziges Gebäude zerstört worden, aber eben deshalb, weil nur die Kirche ein Steingebäude war, die übrigen Häuser aber einfache blättergedeckte Ranchos oder auch wellblechbedeckte Bretterhäuser waren. Im Dorf S. Maria selbst gab es aber überhaupt keine Adobe- oder Steinhäuser, so dass dort das Beben keinen wesentlichen Schaden anrichten konnte. Die auf der genannten Karte angegebene Insel geringer Intensität südlich und westlich von Quezaltenango wäre demnach ganz erheblich zu verkleinern. Auch in einigen anderen Fällen haben sich die Zeitungsnachrichten als nicht ganz zuverlässig erwiesen; so war z. B. das Dorf S. Vicente Pacaya, das ich im December 1902 selbst besucht habe, durch das Beben vom 18. April keineswegs vernichtet worden, wie die Zeitungsberichte ausgaben, es hatte nur deshalb schweren Schaden erlitten, weil die Häuser des Dorfes grossentheils aus Adobe erbaut waren und deshalb den Stössen nur geringen Widerstand zu leisten vermochten. Allerdings steht so viel fest, dass die Intensität des Bebens in S. Vicente Pacaya wesentlich grösser gewesen ist als in der nahen Hauptstadt Guatemala, da die zahlreichen Adobe-Häuser des letztgenannten Platzes nur in wenigen Fällen nennenswerthe Beschädigungen erlitten haben. Trotzdem zeigte das Beben auch in Guatemala-Stadt noch eine solche Stärke, dass es eine wahre Panik hervorrief und dass für diese und die folgende Nacht sämtliche Miethsfuhrwerke und Trambahnwagen der Stadt gemiethet wurden von Leuten, die darin als unter sicherem Dach fern der Stadt übernachteten.

Dass das Beben vom 18. April in Guatemala nur verhältnissmässig wenige Menschenleben erfordert hat, erklärt sich daraus, dass in jenem erdbebenreichen Lande eben alle beim ersten Erzittern des Bodens das Freie zu erreichen suchen

und sich daher meist schon in Sicherheit befinden, wenn der Einsturz erfolgt. In Quezaltenango freilich pflegten die Leute bei dem Beben vom 23. September nicht mehr auf die Strassen zu flüchten, die bei ihrer geringen Breite keinen genügenden Schutz zu bieten vermochten, sondern vielmehr von den Strassen weg unter die Thürrahmen der Häuser, die noch den meisten Schutz versprachen und zudem Gelegenheit zum Festhalten boten, was bei den heftigen Bewegungen der Erde durchaus nothwendig war.

### b) Die vulcanischen Ausbrüche.

Unbedeutend war der Ausbruch des Masaya in Nicaragua. Herr Dr. ROTHSCHUH (Managua) berichtet darüber Folgendes (Brief vom 8. November 1902):

Es begann erst ohne sonstige Ereignisse — von einem Erdbeben, am 25. Juni, etwa abgesehen — leichte Dampfentwicklung, die erst nach einigen Wochen in Rauch überging und stärker wurde, so dass man sie von der Eisenbahn vor Nindiri aus wahrnehmen konnte. Um diese Zeit vernahmen die Bewohner auf einer nach Südwesten verlaufenden Linie mehrmals am Tage wiederholtes Dröhnen (retumbos), welches viel seltener in Managua selbst trotz der geringen Entfernung vernommen wurde.

Nur zwei kleine Erdbeben in einer Nacht, deren Datum noch ausfindig zu machen sein dürfte, wurden in Managua verspürt.

Die Rauchentwicklung war von verschiedener Stärke, setzte sogar Tage ganz aus, nahm aber im Ganzen genommen stetig zu; seit etwa drei Wochen wurde Abends an erhöhten Punkten Managuas gelegentlich Feuerschein wahrgenommen, der seit den letzten Tagen constant geblieben ist.

Die Eruptionen erfolgen aus dem terrassirten westlichen Hauptkrater, der den Namen Santiago führt<sup>1</sup>.

Etwas bedeutungsvoller sind dagegen die vulcanischen Äusserungen des Izalco in Salvador gewesen, worüber ich im

---

<sup>1</sup> Abgebildet in „Mittelamerikanische Reisen“, Braunschweig 1902. Der Vulcan hat sich, neueren Nachrichten zufolge, noch nicht beruhigt und stiess im November 1903 noch immer Rauch und Asche aus.

Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 106 ff. eingehend berichtet habe. Es genügt hier die Hauptsachen zu wiederholen und einige wenige Bemerkungen hinzuzufügen.

Am 10. Mai 1902 begannen nach 15monatlicher Pause wieder leichte Eruptionen aus dem westlichen Gipfelkrater stattzufinden; sie nahmen vom 25. Mai ab an Intensität zu; am 5. September aber war der Sitz der Thätigkeit plötzlich vom Gipfel nach der Einsattelung zwischen dem Izalco und dem Vulcan Santa Ana (nach dem sogen. „Arenal“) verlegt; Lava entfloss vier in nordsüdlicher Linie angeordneten Öffnungen, die zudem in kurzen Zwischenräumen (2—5 Minuten) mit lautem Getöse Gase, Dampf und Schlacken auswarfen. Der Lavastrom floss etwa 6 km weit und erstarrte, nachdem er sich bei Muscúa in zwei Arme getheilt hatte, gegen Ende September. Ungefähr in der Fortsetzung der durch die vier Ausbruchspunkte angedeuteten Linie zog sich südwärts eine schmale Spalte den Vulcan hinauf und stiess nahe dem Gipfel auf eine horizontal verlaufende Spalte, die zeitenweise Rauch ausstieß.

In der Nacht vom 28. September bildete sich an Stelle der Radialspalte eine tiefe Schlucht, aus deren unterem Theil ein stärkerer Ausbruch mit namhaftem Aschenregen erfolgte, und von nun an ereigneten sich die Ausbrüche etwa alle 15 Minuten. Die Ausbruchsstelle rückte aber in der Schlucht allmählich immer höher bergaufwärts und war während meiner Anwesenheit bereits ziemlich nahe dem Gipfel gelangt — etwa bis zu dem Kreuzungspunkt der nunmehr freilich nicht mehr sichtbaren Spalten. Bild No. 1 (auf Taf. IV) giebt eine Vorstellung von dem Ort und der Art der Ausbrüche. Ein offener Krater existirte nicht; vielmehr schloss sich nach jedem Ausbruch das Mundloch wieder. Nach Ablauf von 15 Minuten strömte etwas Rauch aus feinen Radialspältchen aus, dann öffnete sich plötzlich das Mundloch und mit einem bald kanonenschuss-, bald donnerähnlichen Getöse kam — oft unter leichtem Erdbeben — eine rundliche oder langgestreckte Wolkenmasse nebst zahlreichen grösseren und kleineren Steinen ans Tageslicht; je nach dem grösseren oder geringeren Gehalt an Wasserdampf war die Eruptionswolke graulichweiss oder schwärzlich. Am interessantesten waren die Eruptionen, die

mit einem kurzen kanonenschussartigen Knall eingeleitet wurden; denn bei solchen schloss sich das Mundloch sofort wieder, ohne den Eruptionsmassen später auch nur die geringste Verbindung mit dem inneren Herd zu erlauben. Stark streuend flogen die Steine umher, wobei den grösseren nicht selten feine Rauchstreifen nachfolgten; der rundliche Dampfballen aber blieb zunächst in geringer Entfernung vom Mundloch ein Weilchen wie festgebannt stehen, bis er den Luftwiderstand überwunden hatte und dehnte sich dann unter Wirbelbewegung zu einer wesentlich grösseren Wolke aus; ich schätze, dass die Ausdehnung etwa das 40—60fache des ursprünglichen Volumens betrug; eine annähernde Messung der Ausdehnung wäre mittelst rasch hintereinander gemachter photographischen Aufnahmen ausführbar; ich selbst war aber leider dafür nicht ausgerüstet.

Ende December hatte der Sitz der vulcanischen Thätigkeit sich offenbar wieder weiter verschoben, denn es beweist die am 30. December 1902 von Herrn BENJAMIN OLCOVICH aufgenommene Photographie des Berges (Bild No. 2 Taf. IV), dass um jene Zeit die Ausbrüche, wenigstens z. Th., aus einem der Gipfelkrater, und zwar dem östlichsten, mit recht bedeutender Intensität erfolgt sind.

Ungleich gewaltiger als die Äusserungen des Masaya oder Izalco war der Ausbruch des Santa Maria in Guatemala, der sich, wie oben auseinandergesetzt wurde, durch zahllose Erdbeben angekündigt hatte. Der wirkliche Verlauf des grossen Ausbruchs ist nicht in allen seinen Einzelheiten bekannt, da Anfangs die starke Wolkenbedeckung, später aber die langdauernde Verfinsterung infolge des Aschenfalls die Beobachtung zeitweise stark beeinträchtigte. Die Verfinsterung, die besonders in den dem Krater zunächst gelegenen Ortschaften und Plantagen sehr langdauernd war und an einzelnen Punkten, wie El Eden, mehrere Tage lang anhielt oder nur Halbdunkel Platz machte, brachte es auch mit sich, dass diejenigen Beobachter, die sich dem Ausbruchspunkt am nächsten befanden, verhältnissmässig am wenigsten von den thatsächlichen Vorgängen sahen und tagelang im Unklaren über den Ort des Ausbruchs blieben. Soweit meine eigenen Beobachtungen und die Mittheilungen von zahlreichen Augen-

zeugen<sup>1</sup> mir ein Bild von den Vorgängen erlauben, vollzogen sich dieselben in folgender Weise<sup>2</sup>:

Am 24. October 1902 machten sich in der nächsten Umgebung des Vulcans fortwährend leichte Erderschütterungen geltend und um 5 Uhr Abends vernahm man in San Felipe etwa 5 Minuten lang ein gewaltiges, immer lauter werdendes Geräusch von der Richtung des Santa Maria her, das die einen mit dem Rauschen eines Wasserfalls, andere mit dem Geräusch des Abblasens eines ungeheuren Dampfkessels vergleichen, dann war wieder alles still und ruhig; eine halbe Stunde später aber trat fortwährendes Beben ein. Um 6 Uhr Abends begann in Quezaltenango und Umgebung in geringem Maasse feiner Bimssteinsand zu fallen, der bald die Landschaft mit einer leichten weisslichen Decke überzog. Bald schlug aber der Wind von Süden nach Osten um und um 6 $\frac{1}{4}$  h p. m. fiel in Helvetia (aber nicht mehr in dem nahen Eden!) leichter Aschenregen. Gegen 7 Uhr Abends zeigten sich Lichtschein und von unten nach oben strebende Blitze in der Gegend des jetzigen Kraters und wieder hörte man (in Eden) Geräusche, wie von Flammen in einem Hochofen. Später liess die trübe Atmosphäre keine Einzelheiten mehr von Eden aus erkennen. Um 8 Uhr Abends war die Luft hinreichend klar; um (von Süden und SE. her) die Gegend des Santa Maria zu überschauen und da erblickte man eine ungeheure schwarze Wolke von gewaltigen Dimensionen, von zahllosen rothen und grünlichen Lichtlinien in rundlichen Bahnen durchzogen, während die Rauch- und Aschenmassen in tollen Wirbeln blumenkohlähnliche Formen annahmen, mächtige Blitze von dem verjüngten unteren Theil der Riesenwolke nach ihrem oberen verbreiterten Ende emporfuhren und starke Donnerschläge gehört wurden. Da offenbar Windstille herrschte, so machte sich der Aschen- und Steinfall in den bewohnten

<sup>1</sup> Ich nenne hier: CARL SAUERBREY in Quezaltenango, einen Soldaten in San Martin Chile verde, ENRIQUE HERMAN in El Tránsito, A. C. STEFFEN in Las Mercedes, MOESLI in Helvetia, C. SCHULTZ in El Eden, BELITZ in Candelaria, ZILLER, LATOUR, SHAW in San Felipe, Dr. PROWE in Chocolá, CARL LIST in Ocos und C. F. WIDMAIER in San Cristobal Soconusco.

<sup>2</sup> Vergl. den Bericht im Centralbl. f. Min. etc. 1903, p. 33—44 und 65—72.

Gebieten der Umgebung zunächst nicht geltend. Erst um 1<sup>h</sup> a. m. am 25. October begann in dem Bad La Sabina der Steinhagel. Die Intensität hatte im Lauf der Nacht immer mehr zugenommen; das Krachen, Donnern und Rauschen wurde immer bedrohlicher und beängstigender und zugleich breitete sich die Aschenwolke in den höheren Regionen weiter aus, denn um 3 Uhr Morgens fiel in Helvetia (ca. 6 km SW. vom Krater) bereits Asche, während es in Quezaltenango (ca. 15 km NNE.) Lapilli von Erbsengrösse regnete. Die nun einsetzende und später anhaltende südöstliche bis östliche Luftströmung entführte die Aschen- und Bimssteinmassen westwärts: um 3 $\frac{1}{2}$ <sup>h</sup> a. m. hatten sie Las Mercedes (21 km W.) erreicht, um 8 $\frac{1}{2}$ <sup>h</sup> a. m. San Cristobal in Soconusco (ca. 90 km WNW.)<sup>1</sup>.

Inzwischen aber steigerte sich die Intensität des Ausbruchs immer mehr: um 4 Uhr fielen in Helvetia die ersten kleinen Steinchen (kalt), um 5 Uhr wurde der Steinregen heftiger, wobei die Projectile nicht immer senkrecht, sondern nicht selten auch schief auffielen; zwischen 5 und 6 Uhr fielen grosse kalte Bimssteine, dann massive Stücke von Amphibolit und kleine Bomben, schliesslich heisse Bimssteine und Asche. Zur Zeit des Sonnenaufgangs blieb es in Helvetia und San Martin finster, während in Quezaltenango Dämmerlicht herrschte. In San Felipe, Eden, Tránsito und Mercedes wurde es noch Tag, dagegen trat in Quezaltenango bald nach Sonnenaufgang Finsterniss ein, in Eden um 6 $\frac{1}{2}$ <sup>h</sup> a. m., in El Tránsito um 7<sup>h</sup> a. m., in Las Mercedes um 8<sup>h</sup> a. m., in San Cristobal (Soconusco) um 9 $\frac{1}{2}$ <sup>h</sup> a. m., in Ocos aber erst um 2<sup>h</sup> p. m., in Motocintla jedoch schon um 6<sup>h</sup> a. m.<sup>2</sup> Die Intensität des Ausbruchs erreichte etwa um 11 Uhr Vormittags ihren Höhepunkt,

<sup>1</sup> Weitere Einzelheiten giebt die von MANUEL A. PASTRANA, dem Director der meteorologischen Centralstation in Mexiko, mitgetheilte Tabelle über den Aschenfall auf mexikanischem Boden. Anhang.

<sup>2</sup> Die Dauer der Verfinsterung hing natürlich nicht nur von der Dauer des Ausbruchs und der Menge des geförderten Materials, sondern mehr noch von Wind-Richtung und -Stärke, sowie sonstigen atmosphärischen Bedingungen ab, weshalb hierüber die verschiedensten Mittheilungen vorliegen; selbst in San Cristobal (Soconusco) dauerte die Finsterniss vom 25. October 9 $\frac{1}{2}$ <sup>h</sup> a. m. bis zum 26. October 3<sup>h</sup> p. m., und wieder vom 26. October 3 $\frac{1}{2}$ <sup>h</sup> p. m. bis 7<sup>h</sup> p. m.



Textfig. 1. Kaufladen bei El Nil, ca. 6 km WSW. vom Krater (zeigt die Durchlöcherung der Dächer). Aufgenommen im Januar 1903 von Herrn MOESLI.



Textfig. 2. Der Kaufladen bei El Nil, aufgenommen im October 1903 von R. SAPPER (zeigt die Fortschritte der Vegetation).

um dann allmählich abzunehmen; trotzdem behielt der Ausbruch noch bis zum Einbruch der Nacht bedeutende Stärke, wie deutlich zu erkennen ist aus dem den ganzen Tag über anhaltenden Steinhagel in Helvetia und anderen dem Vulcan benachbarten Orten, der die Wellblechdächer wie Siebe durch-



Textfig. 3. Ausbruchswolke des Santa Maria. Links oben Beginn des Aschenregens. Aufgenommen von WINTERTON von Quezaltenango aus.

löcherte (s. Fig. 1 und 2). Erst im Lauf der Nacht fand der grosse Ausbruch sein Ende; die genaue Zeit des Endes liess sich nicht feststellen. Am nächsten Tag, den 26. October, fand ein neuer Ausbruch statt, der aber nicht mehr die tiefdunkle, schwarze oder bräunlichgraue Aschenwolke der Haupt-

eruption zeigte, sondern grossentheils weiss war, da die in Form eines Blumenkohls sich entwickelnde Auswurfsmasse vorzugsweise aus Wasserdampf bestand; infolge dessen waren auch die in kurzen rundlichen Bahnen dahinschiessenden elektrischen Lichtlinien und die von unten nach oben jagenden Blitze viel weniger lebhaft als in der grossen Aschenwolke Tags zuvor.

In unregelmässiger Folge drängten sich unter den späteren Ausbrüchen Wasserdampf- und Ascheneruptionen, erstere häufiger als letztere, und mehrmals zeigten sich bei den Wasserdampfausbrüchen grosse Wirbelbildungen von weitem Durchmesser, die sich in der Form glänzender STREIT'scher Wolken zeigten; eine besonders schöne Erscheinung dieser Art beobachtete ich, allerdings nur für kurze Zeit, am 29. October aus grösserer Entfernung; ein kleineres derartiges Phänomen ist auf dem Bild auf Taf. I zu erkennen. Grössere Aschenausbrüche fanden noch statt am 27. October Nachmittags (Finsterniss in San Felipe von 4<sup>h</sup> p. m. ab), am 30. October (Finsterniss in San Felipe von 11<sup>h</sup> a. m. bis 2 $\frac{1}{2}$ <sup>h</sup> p. m.), am 1. November (Finsterniss in San Felipe von 11 $\frac{1}{2}$ <sup>h</sup> a. m. bis 12<sup>h</sup> a. m.), sowie in der Nacht vom 6./7. November. Weitere Aschenausbrüche waren unbedeutend. Mehr und mehr begannen auch die Wasserdampferuptionen zu überwiegen und seit langer Zeit sind sie allein noch vorgekommen. Waren die ersten Ausbrüche nach der Haupteruption noch von heftigen Beben und schweren Detonationen, auch namhaften elektrischen Erscheinungen begleitet gewesen, so sind die späteren (etwa nach dem 7. November) fast ganz ohne diese Begleiterscheinungen erfolgt und haben allmählich immer mehr von dem imponirenden Charakter verloren, der ihnen anfänglich noch eigen gewesen war. Im Jahre 1903 haben sich nennenswerthe grössere Eruptionen überhaupt nicht mehr ereignet und wenn auch gegenwärtig die vulcanische Thätigkeit noch fort dauert (durchschnittlich 2—3 leichte Dampferuptionen), Erdbeben localer Art sich noch immer häufig zeigen und dann und wann auch noch starke Schwefelwasserstoff-Exhalationen, die sich manchmal sogar auf weitere Entfernungen fühlbar machen, verspürt werden, so hat es doch den Anschein, als ob der Vulcan sich immer mehr beruhigen wollte.

Alle bedeutsameren Folgen des Vulcanausbruchs sind der ersten grossen Eruption zuzuschreiben; die späteren grösseren Ascheneruptionen haben nur für die nähere Umgebung des Vulcans noch einige Bedeutung durch Erhöhung der Aschendecke gehabt, die nachfolgenden kleinen Eruptionen haben aber in der Hauptsache nur grosse Mengen von Wasserdampf der Atmosphäre zugeführt, an festen Stoffen aber nichts Nennenswerthes mehr gefördert und demnach auch keine geologische Bedeutung mehr erlangt.

Von hervorragendem Interesse ist daher in geologischer Hinsicht eigentlich nur der grosse Hauptausbruch gewesen, der ungeheure Massen festen Materials auf die Erdoberfläche gebracht hat. Die Erscheinungen, unter denen dies geschah, weichen in nichts wesentlich ab von anderen Vulcanausbrüchen explosiver Art. In ungeheuren Wirbeln, stetig quirlend und sich ausdehnend, Protuberanzen aussendend und blumenkohlähnliche Gebilde erzeugend, stiegen die Ausbruchsmassen auf, und solange die Wirbelbewegung dauerte, wurden auch die Aschentheilchen in Schwebelage gehalten, so dass also der Aschenregen erst niederzugehen begann, nachdem die innere Bewegung der Eruptionswolke zurückgegangen war. Die zahllosen röthlichen und grünlichen, in runden Bahnen dahinschiessenden Lichtlinien, die man wohl nicht eigentlich Blitze nennen darf, sind vermuthlich nur durch Reibung der Aschentheilchen an der Grenzfläche der Wirbel hervorgerufen. Aber auch die eigentlichen Blitze, meist von unten nach oben jagend innerhalb der aufsteigenden Aschensäule, nicht selten aber auch im gewohnten Zickzack abwärts und seitwärts ziehend in den vom Wind entführten Theilen der Wolke, traten bei der Haupteruptionswolke und sonstigen grösseren Aschenwolken in grosser Zahl auf, und ausserdem wird von Eden, sowie auch von den Plantagen nördlich und nordöstlich von Ocosingo, das häufige Auftreten von Kugelblitzen erwähnt, die (am 25. und 26. October) in Form von Feuerkugeln niederfielen, beim Auffallen unter dumpfem Knall explodirten und sofort dunkel wurden, ohne Schaden anzurichten<sup>1</sup>. An einzelnen Stellen soll

---

<sup>1</sup> Meine frühere Auffassung (Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 40), es könnte sich hier um glühende Bimssteine handeln, ist sicher unrichtig, da

die Elektrizität aus den Kleidern, dem Körper der Menschen, aus den Häusern ausgeströmt sein, kurz, sie soll allenthalben vorhanden gewesen sein.

Sind die elektrischen Erscheinungen bei der Haupteruption und den grösseren Nacheruptionen sehr bedeutend gewesen, so waren es auch die begleitenden Erdbeben und die Klangerscheinungen, die während des Hauptausbruchs von Morgens 3 Uhr an, hauptsächlich aber um 7 $\frac{1}{2}$  Uhr und zwischen 11 und 12 Uhr Vormittags ihr Maximum an Heftigkeit und Zahl erreichten. Während die Beben, wenigstens in ihren kräftigeren Äusserungen, auf die eigentliche Nachbarschaft des Vulcans beschränkt blieben, wurden die Detonationen bis auf sehr bedeutende Entfernungen hin (San Salvador, Belize, Oaxaca, San Juan Bautista) mit erschreckender Deutlichkeit vernommen, und noch in Coban (ca. 160 km Luftlinie ostnordöstlich vom Vulcan entfernt) waren sie so stark, dass die Schiebefenster fast den ganzen Vormittag über ständig klirrten. Auffallend ist übrigens, dass in der unmittelbaren Nähe des Vulcans diese Getöse weniger stark waren als in grösserer Entfernung. In Ocos und vielen anderen Orten wurden die Detonationen nicht vernommen, ohne dass sich ein Grund für das Ausbleiben der Schallerscheinungen feststellen liesse. Die Zeit, in der die Detonationen gehört wurden, war ebenfalls an verschiedenen Orten verschieden. Während in Guatemala Stadt die Detonationen nur zwischen 11 und 12 Uhr Vormittags und um 6 Uhr Nachmittags am 25. October stark und deutlich hörbar waren, sind sie in Coban schon vom frühesten Morgen an hörbar gewesen; in Tuxtla Gutierrez (Chiapas) hörte man sie von Mitternacht 24./25. October bis 3<sup>h</sup> p. m. 25. October; in Macuspana (Tabasco) und Juquila (Oaxaca) erst am Nachmittag des 25. October. In Motocintla (Chiapas) dagegen hörte man ein fast ununterbrochenes Rollen.

Schwefelige Säure ist bei den ersten Ausbrüchen, Schwefelwasserstoff bei späteren vielfach in grosser Menge ausgestossen worden; jedoch hatten die benachbarten Gegenden meist wenig

---

solche unter keinen Umständen mehr nach dem fernen Ocos hätten gelangen können; die durchgehends beobachtete Abwärtsbewegung dieser Kugelblitze ist durch die allgemeine gleichgerichtete Bewegung der Bimssteine und Aschenmassen erklärbar.

davon zu leiden, da nur selten Wolken dieser Gase sich in der Nähe des Kraters schon zur Erde herabsenkten; häufig geschah dies aber in grösserer, oft sogar sehr grosser Entfernung (Guatemala, Coban); in letzterem Fall waren die Gase aber stets stark verdünnt.

Die Auswurfsmassen sind durch den explosiven Antrieb von unten in bedeutende Höhen geschleudert worden, doch fehlen genaue Messungen der Höhe der Eruptionswolken; die Höhe wurde — wahrscheinlich zu niedrig — bei dem Hauptausbruch auf 10 km geschätzt; ich selbst konnte bei einem der kleineren Nachausbrüche eine Höhe von  $6\frac{1}{2}$  km feststellen.

Die Ausbruchsmassen haben sich über sehr beträchtliche Räume verbreitet, wobei den herrschenden Windströmungen eine entscheidende Rolle zukam. Während des Hauptausbruches herrschten im südwestlichen Guatemala vorwiegend ost-süd-östliche Windströmungen, die die Hauptmassen nach west-nordwestlicher Richtung weithin entführten; nach einem Privatbriefe ist in Pochutla in Oaxaca noch die ganze Landschaft mit einer Bimssteindecke überzogen gewesen, und Zeitungsnachrichten zufolge sind ganz geringe Aschenmengen noch bis Acapulco und Colima, fast 1400 km weit, gekommen. In Chiapas müssen aber in irgend einer Höhenlage über oder unter den ost-süd-östlichen Winden auch südliche Windströmungen geherrscht haben, die einen Theil der Aschenmassen weit nach Norden entführten, so dass die ganzen Staaten Chiapas und Tabasco und ein Theil von Veracruz noch nennenswerthen Aschenfall erhielten. Die „Vigilancia“ von der Ward Line bekam noch Aschenregen auf der Fahrt von Progreso nach Veracruz, kleine Mengen Asche gelangten bis Campeche.

Die Ausbreitung des Aschenregens in Guatemala habe ich nach eigenen Beobachtungen und Erkundigungen kartographisch festzulegen versucht, während für das mexikanische Gebiet die Herren Dr. E. Böse und Manuel A. Pastrana die Verbreitung kartographisch festgelegt haben, ohne freilich mit ihren Darstellungen anders als in groben Zügen übereinzustimmen. Noch mangelhafter sind natürlich die Nachrichten von der See, so dass hier nur mit einer gewissen Willkürlichkeit die Verbreitung des Aschenfalls angenommen werden kann. (Vergl. die Karte auf Taf. III.)

Ist schon über die Verbreitung keine ganz sichere Nachricht zu bekommen, so noch weniger über die jeweilige Mächtigkeit der gefallenen Auswurfsdecke. Denn einmal kommt es hier sehr darauf an, an welchem Zeitpunkt die Messung erfolgte, da die Auswurfsdecke unter dem Einfluss ihrer eigenen Schwere und der reichlich fallenden Regen, z. Th. auch — nahe dem Vulcan — unter dem Einfluss der zahlreichen, oft recht heftigen Beben, sich rasch beträchtlich zusammensackte, so dass also die unmittelbar nach dem Aschenregen gemachten Messungen häufig  $\frac{1}{3}$  und selbst mehr Dicke ergaben als diejenigen, die ein oder mehrere Wochen nach dem Aschenfall angestellt wurden.

So wurden in Motocintla unmittelbar nach dem Ausbruch 40 cm gemessen, während Dr. BÖSE einige Monate später nur 21 cm fand. In Las Mercedes wurde unmittelbar nach dem Ausbruch die Auswürflingsdecke 75 cm mächtig befunden, 13 Tage später maass ich nur noch  $47\frac{1}{2}$  cm, während mein Bruder, RICHARD SAPPER, ein Jahr später fast an derselben Stelle nur noch 40 cm fand.

Aus den verschiedenen im October 1903 von meinem Bruder vorgenommenen Messungen geht übrigens die interessante Thatsache hervor, dass die feinerdige schwarze Aschenschicht mit wachsender Annäherung an den Vulcan bedeutend an Mächtigkeit gewinnt.

Verwehungen haben die Mächtigkeit der Auswürflingsdecke local ebenso stark beeinträchtigt, wie dies bei einer Schneedecke der Fall ist, so dass es manchmal recht schwer wird, die mittlere Dicke zu bestimmen; in einzelnen Fällen wurden sogar beträchtliche Vertiefungen, so die 150 m tiefe Schlucht des Rio Ixmamá bei El Eden, durch Verwehung aufgefüllt. Die Mächtigkeit der Aschen- und Bimssteindecke wurde auch durch die Geländebeschaffenheit beeinflusst, indem alle dem Vulcan zugekehrten Berghänge stärkere Absätze erhielten, als die abgewendeten Hänge infolge des Windstaues einerseits, des Windschutzes andererseits, die hier die Erhebung auszuüben vermochte. Für die dem Vulcan zunächst gelegenen Gebiete fehlt es aber an zuverlässigen Messungen der Mächtigkeit ganz, und nur die Angabe, dass von dem Schornstein der Zuckerplantage San Antonio noch etwa 1 m über die Asche hervorrage, giebt einen An-

haltspunkt, dass man die Mächtigkeit an jenem bereits einige Kilometer vom Krater entfernten Orte auf etwa 14 m annehmen darf. Und für die Gegend von La Sabina giebt die Angabe der Herren SIEGERIST, LENZINGER und BRUPBACHER (República, 10. December 1902), dass das Bad inmitten von 15—20 m hohen Aschen- und Sandwänden sich befinde, einen ähnlichen Anhaltspunkt. Noch höher hinauf fanden die genannten Herren, dass selbst von den höchsten Bäumen, die die Berghänge besetzten, kaum 2 oder 3 m über die Aschendecke hervorragte, was auf mindestens 25 m Mächtigkeit schliessen liesse. In der unmittelbarsten Umgebung des Kraters aber war alle Vegetation verschwunden; die Mächtigkeit ist hier auf mindestens 30 m zu schätzen<sup>1</sup>.

So ist es denn sehr schwer, eine halbwegs zuverlässige Karte der Verbreitung und Mächtigkeitsverhältnisse der Aschendecke zu entwerfen, und eine Berechnung des Cubikinhalts der ausgeworfenen Massen ist daher nur als eine auf etliche zuverlässige Daten sich gründende genauere Schätzung aufzufassen. Ich fand nicht ganz  $5\frac{1}{2}$  cbkm Auswurfsmasse (5450 Mill. cbm), muss aber bemerken, dass dabei in der Hauptsache Messungen, die unmittelbar nach dem Aschenfall gemacht worden sind, zu Grunde gelegt wurden, und dass später nach dem Zusammensacken wesentlich geringerer Raumgehalt vorhanden gewesen sein muss. Dazu muss noch bedacht werden, dass die Mehrzahl der Auswürflinge Bimssteine sind, weshalb der Cubikinhalt des ausgeschleuderten Magmas in dem Zustand, wie es sich in der Tiefe befand, abermals als ganz bedeutend geringer anzusehen ist.

Die Auswürflinge des Santa Maria<sup>2</sup> bestehen zum weit-

<sup>1</sup> Einen guten Begriff von dem Aussehen der Aschenlandschaft in geringer Entfernung vom Krater geben die von JESUS M. CARDENAS Anfang November 1902 aufgenommenen Photographien von La Florida und La Sabina (Taf. VI und VII).

<sup>2</sup> A. BERGEAT, Die Producte der letzten Eruption am Vulcan Santa Maria in Guatemala. Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 112—117. — Derselbe, Einige weitere Bemerkungen über die Producte des Ausbruchs am Santa Maria. Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 290 f. — R. BRAUNS, Asche des Vulcans Santa Maria. Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 132—134. — Derselbe, Über die Asche des Vulcans Santa Maria. Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 290. — C. SCHMIDT, Über vulcanische Asche, gefallen in San Cristobal Las Casas.

aus überwiegenden Theile aus biotitführendem Hypersthen-Hornblendeandesit, der nur selten in Form massiger kleiner Bomben und Steinlapilli, meist in Form von Bimssteinen, Bimssteinlapilli, Sand und feinsten Asche gefallen ist. Naturgemäss nimmt die Grösse der Einzelauswürflinge, wie des Kornes, im Allgemeinen mit zunehmender Entfernung vom Ausbruchspunkt ab, und zugleich hat sich die Aufbereitung durch den Wind in der Weise thätig gezeigt, dass die schwereren Gemengtheile, besonders Hypersthen und Augit, früher zu Boden fielen als die leichteren, weshalb in der in San Cristobal Las Casas gefallenen Asche die genannten Gemengtheile nur noch spärlich vorhanden waren. In der Nähe des Vulcans fielen Bimssteinstücke von bedeutender Grösse und Zahl; aber auch in der Gegend von Tapachula (ca. 75 km vom Krater entfernt) wurden noch gelegentlich faustgrosse Bimssteinstücke gesammelt.

Wo die Asche unter Regenfall zu Boden kam, fiel sie natürlich in Form von Schlamm, und nicht selten formten sich kleine Schlammkugeln, die in der übrigen Aschendecke nahe beisammen eingelagert gefunden werden, so bei Chuipache und bei Helvetia.

Neben diesen jungen, eben erst aus vulcanischem Magma gebildeten Auswürflingen fielen aber in der Nähe des Vulcans auch zahllose Stücke von Amphibolit (sehr selten Glimmerschiefer), dem Grundgebirge entstammend, zu Boden, und da diese schweren Projectile natürlich von der Windrichtung viel weniger abhängig waren, als die Bimssteine, Sande und Aschen, so streuten sie auch ostwärts weithin, so dass z. B. im Dorf Santa Maria, ca. 7 km östlich vom Krater, noch zahlreiche Dächer von diesen festen Gesteinsstücken durchlöchert wurden, während Aschen und Bimssteine nur in bescheidener Menge noch dorthin gelangten. Kleinere Steine flogen westwärts bis Mujulyá, ca. 14 km weit, und kamen mit genügender Wucht an, um noch durch die Wellblechdächer durchzuschlagen; dagegen findet man sie weiter westlich im Chuvá (z. B. Pensamiento) nicht mehr vor. Die relative Masse des bei dem

Ausbruch geförderten Grundgebirges zu berechnen, dazu fehlen leider die nöthigen Anhaltspunkte; dass sie sehr gross sein muss, beweist die lange Dauer und die grosse Streuweite des Steinhagels; selbst in der etwa 6 km vom Krater entfernten Kaffeeplantage Helvetia fielen neben zahllosen kleinen Steinstückchen dieser Art noch viele grössere, bis faustgrosse Stücke nieder, und wie gross ihre Zahl gewesen sein muss, deutet schon der Zustand des Blechdachs auf Fig. 1 und 2 an. (El Nil liegt in geringer Entfernung von Helvetia.) Jedenfalls darf man annehmen, dass in der Gegend der Helvetia mindestens  $1\frac{1}{2}$ —2 kg, wahrscheinlich aber wesentlich mehr, von diesen Steinen pro Quadratmeter gefallen sind<sup>1</sup>. Die genügende Grundlage zur Schätzung der geförderten Grundgebirgsmasse könnte nur durch geduldiges Aufsammeln und Wiegen derartiger Projectile an verschiedenen, geeignet gelegenen Punkten in verschieden grosser Entfernung vom Ausbruchspunkt geschaffen werden. Seit dem Ausbruch selbst hat kein Geologe mehr das Ausbruchsgebiet bereist und untersucht, weshalb auch derlei Fragen noch keine Antwort gefunden haben. Nicht einmal der neugebildete Krater ist seitdem hinreichend untersucht worden: während der Zeit meines Aufenthalts am Santa Maria war die vulcanische Thätigkeit noch zu energisch, als dass eine Annäherung an den Krater ausführbar erschienen wäre; die massenhaft in der Luft suspendirte Asche entzog zudem anfänglich sogar den Anblick des Kraters vollständig den Augen, und erst nachdem die schweren Regenfälle vom 6. und 7. November die Atmosphäre rein gewaschen hatten, bemerkte man eine breite, tief in den süd-südwestlichen Hang des Santa Maria in etwa 1800—2000 m Meereshöhe eingesenkte Vertiefung, aus der die Eruptionen

---

<sup>1</sup> Wollte man die Annahme machen, dass in dem Amphibolitstreu- gebiet pro Quadratmeter durchschnittlich 1 kg gefallen wäre, so würde man eine geförderte Amphibolitmasse von etwa 200—250000 t oder 80—100000 cbm Steinmasse errechnen; und wollte man annehmen, dass der Querschnitt des Vulcanschachts durchschnittlich nur etwa 100 qm Fläche aufwirfe, so ergäbe sich, dass nur etwa 1 km Grundgebirge beim letzten Durchbruchversuch durchbrochen worden wären. Aber derartige Rechnungen sind überhaupt nur Spielereien, da man nicht weiss, wie viel von losgelösten Gesteinsmassen ins Magma zurückfällt etc., und da alle Annahmen nur willkürlich sind.

erfolgten. Wenn ich in meinem vorläufigen Bericht (Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 41) von zwei Hauptausbruchsstellen gesprochen habe, so ist das dahin zu berichtigen, dass innerhalb des grossen Kraters verschiedene Öffnungen vorhanden waren, von denen die östlichste einen gewissen Grad von Selbständigkeit in ihren Äusserungen zeigte, so dass sich auch die Farbe der östlichen Eruptionswolke manchmal deutlich von der grösseren westlichen Eruptionswolke unterschied. Diese Selbständigkeit hat sich die östliche Boca des Kraters auch noch späterhin



Textfig. 4 Der Santa Maria, von Helvetia aus aufgenommen, Anfang 1903. Das Bild zeigt den Krater mit den zwei gesonderten Dampfsäulen.

bewahrt, wie man deutlich an einer Anfangs 1903 in Helvetia aufgenommenen Photographie des Berges erkennen kann (Fig. 4). Ich habe aber im gleichen Bericht (p. 42) noch von einem dritten kleinen, weiter westlich gelegenen Krater gesprochen und andere erkundete erwähnt; dieselben existiren nicht, es sind vielmehr nur an verschiedenen Stellen im näheren Umkreis des Ausbruchspunktes grosse und kleinere Dampfexplosionen durch Wasserzutritt zu den heissen aufgehäuften Aschenmassen entstanden, die von weitem den Anschein von kleineren vulcanischen Ausbrüchen zu erwecken vermochten.

Als gegen Ende November 1902 die vulcanische Thätigkeit wesentlich schwächer geworden war, machten die Herren SIEGERIST, LENZINGER und BRUPBACHER den Versuch, den Krater zu erreichen, was ihnen nach äusserst mühseliger und gefährlicher Wanderung über zahlreiche tiefeingerissene Schluchten hinweg am 24. November 1902 glücklich gelang. Diese Reise erscheint so denkwürdig und wichtig, dass wenigstens der zweite Theil, der Anstieg zum Krater selbst von dem Bivouac (23./24. November) aus, in wörtlicher Übersetzung nach der Originalbeschreibung von SIEGERIST in der „República“ vom 10. December 1902 (No. 3279) hier mitgetheilt sein möge.

„Von unserem Zelt aus gesehen führte uns der Weg zum Krater längs 4 grosser Grate, die scheinbar an ihrer Basis vereinigt waren. In einer Entfernung von etwa einer (englischen) Meile von dem Zelt war jede Vegetation verschwunden. Der Anstieg war sehr schwierig wegen der Steilheit der Neigung und wegen der Schlüpfrigkeit des Schlammes, den der Platzregen der vorherigen Nacht gebildet hatte. Als wir an den Gipfel des 1. Grats gelangt waren, bemerkten wir, dass uns von dem zweiten ein Raum von etwa 2 km trennte, mit Gefäll gegen das Bett des Rio Tambor und durchzogen von zahllosen Gräben. Sie alle galt es zu passiren, die kleinen durch Überspringen, die grossen — mit Tiefen von 30 m — mittelst Stricken, Seilen und Stufen. Das Überschreiten dieser Gräben war der mühseligste Theil unserer Reise. Der 2. und 3. Grat waren steiler als der erste und wir mussten alle 20 Schritte ausruhen, um Athem zu schöpfen. Beim Ersteigen des 3. Grats kehrten wir plötzlich vor einer drohenden Gefahr um: starke erstickende Dämpfe, wie von Leuchtgas und schwefliger Säure, hüllten uns ein und wir hielten es für unmöglich, an jenem Morgen den Krater zu erreichen; aber der Wind drehte sich bald und entführte die Dämpfe bergwärts, so dass wir den Anstieg wieder aufnehmen konnten. — Schliesslich hielten wir auf das rechte Ende des Kraters zu, um den schädlichen Gasexhalationen zu entgehen. Der Anstieg war jetzt nicht mehr so mühselig, da die Auswurfsdecke nun nicht mehr wie weiter unten aus feinem Sand und schlüpferiger Asche bestand, sondern aus gröberem Material, vermengt mit Steinen. Hier vermochten wir die eruptive Gewalt des Vulcans zu bewundern,

da etwa 200 m vom Krater entfernt sich eine Reihe ungeheurer vulcanischer Blöcke zeigte, die über den Sand noch 2—4 m emporragten. Ich schätze das Gewicht des sichtbaren Theiles dieser Blöcke auf viele Tonnen.

Genau um 10 Uhr Vormittags erreichten wir den Krater-  
rand. Ich vermag den Eindruck nicht zu beschreiben, den in uns der Krater hervorrief. Wir blieben schweigend stehen und fürchteten uns, unseren Blick vorwärts, rückwärts, seitwärts zu richten. Wir standen vor einem kolossalen Krater, dessen elliptische Öffnung mit der ostwestlich gerichteten Längsaxe etwa 1 km Länge besitzt; die Tiefe mag 200 bis 250 m betragen, der grösste Durchmesser des Bodens 500 bis 600 m. Sechs Öffnungen von verschiedener Grösse finden sich auf dem Boden, davon 5 gegen den Rand zu, die unaufhörlich grosse Wasserdampf-  
wolken austossen. Die grösste Öffnung ist im Osten und hat etwa 30 m Durchmesser bei runder Gestalt. Hinter dieser Boca dehnt sich gegen die Rückwand hin mit zunehmendem Durchmesser eine gelbe Fläche aus, wie von Schwefel, die ununterbrochen glänzendweisse Dämpfe ausstösst. Die zweitgrösste Boca zur Linken der grössten entsendet aus ihrer ovalen Öffnung Dampf-  
wolken, Steine und Sand 15—20 m hoch empor. Die Rückwand des Kraters, beinahe senkrecht ansteigend, reicht bereits beinahe bis zum Gipfel des Santa Maria hinan; ihre Höhe beträgt 1500 bis 1800 m. Von dem höchsten Theil lösen sich beständig grosse Felsstücke los, die im Niederfallen ein donnerähnliches Getöse wie bei einer Eruption hervorrufen. Die Abstürze haben an der erwähnten Wand einen Schuttkegel von einigen 150 m Höhe erzeugt. In halber Höhe des Kegels befindet sich die 6. Ausgangsstelle für Dampf-  
wolken. Die übrigen Kraterwände besitzen eine Neigung von etwa 60°. Der tiefste Theil des Kraterbodens befindet sich rechts, d. h. im Osten; gegen die Mitte zu erhebt er sich 50 oder 80 m und senkt sich wieder ein wenig nach links hin. Man kann in den Öffnungen oder an ihren Rändern kein Feuer entdecken wegen der grossen Menge von Dämpfen, die ununterbrochen aus ihnen emporsteigen.

Der Krater hat noch keine Lava geliefert und wenn er es thun würde, müsste sie im Bett des Tambor niedergehen, da es keinen anderen Ausweg aus dem Krater giebt. Ebenso-

wenig hat der Vulcan flüssiges Wasser ausgestossen, vielmehr haben die grossen Hochwasser ihren Ursprung in den heftigen Platzregen, die von der Condensation der aus dem Krater aufsteigenden Wasserdämpfe herrühren.

Die Höhe des Kraters über dem Meer beträgt 2000 bis 2500 m. Wir blieben am Kraterrand eine Stunde und machten zwei photographische Aufnahmen. Die ganze Zeit über athmeten wir Luft ein, die leicht mit Schwefel ( $\text{SO}_2$ ?) geschwängert war. Um 11 Uhr Morgens traten wir den Rückweg an und erreichten unser Zelt um 12<sup>h</sup> 15<sup>m</sup> p. m., San Felipe aber um 5<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> p. m.“

Es ist sehr zu bedauern, dass Herr SIEGERIST keine genauere Beschreibung des Kraters gegeben und keine Gesteinsproben von den grossen, in der Nähe des Kraters befindlichen Blöcken gesammelt hat; meine briefliche Anfrage an ihn wegen genauerer Details ist unbeantwortet geblieben. Aber auch so verdient Herr SIEGERIST den schönsten Dank für seine Schilderung des Aufstiegs und des Kraters, da sie uns immerhin mit manchen wichtigen Einzelheiten bekannt macht, die aus der Entfernung unmöglich erkannt werden könnten<sup>1</sup>.

Aus der Ferne sieht der Krater aus wie eine tief in den Berghang eingesenkte Vertiefung ohne nennenswerthe Erhöhung der Ränder und aus der Beschreibung SIEGERIST's ist ebenfalls nichts zu entnehmen, was dem widerspräche. Es fragt sich nun nur, ob diese Vertiefung durch Einsturz nach innen oder durch Explosion und Ausräumung nach aussen hin entstanden ist. Der Anblick aus der Ferne bietet keinen Anhaltspunkt Entscheidung dieser Frage und der Zustand der Localität zur vor dem Ausbruch noch weniger, da der mit dichtestem Urwald bedeckte, wegen seiner zahlreichen Radialschluchten sehr schwer gangbare Südhang des Santa Maria noch niemals genauer untersucht worden war. Aber die Vorgänge beim Ausbruch, das auf Explosionen deutende gewaltige Krachen und Beben, namentlich aber das Hinausschleudern von Material, das dem Grundgebirge angehört, sprechen mit vollster Sicherheit für die Entstehung des Kraters durch Explosion, oder

<sup>1</sup> Späterhin hat WINTERTON einige Aufnahmen des Kraters gemacht (Taf. VIII und IX), leider ohne sonstige Angaben zu veröffentlichen.

richtiger gesagt, durch Explosionen, denn die Erscheinungen des Ausbruchs weisen bestimmt darauf hin, dass nicht eine einzige Katastrophe mit plötzlichem Ruck die grosse Krateröffnung geschaffen und ausgeräumt hat, sondern dass zahlreiche, sich rasch aufeinander folgende Explosionen allmählich diesen Effect erzielt haben.

Betrachten wir unter solchen Gesichtspunkten nochmals den Verlauf des Ausbruchs: Um 5<sup>h</sup> p. m. den 24. October vernahm man 5 Minuten lang ein unheimliches Rauschen, das die einen mit dem Getöse eines Wasserfalles, die anderen mit dem Abblasen eines Dampfkessels verglichen; zu sehen war wegen der tiefliegenden Wolken nichts. Um 6 Uhr Abends begann in Quezaltenango Bimssteinsand, um 6 $\frac{1}{4}$ <sup>h</sup> p. m. in Helvetia Asche zu fallen. Es scheint mir nun wahrscheinlich, dass um 5 Uhr Abends der erste leichte Ausbruch durch eine enge (wohl spaltenartige) Öffnung erfolgte und dass die dabei gelieferten feinkörnigen Auswürflinge von leichten Windströmungen entführt und um die genannten Zeiten in Quezaltenango und Helvetia abgesetzt wurden<sup>1</sup>. Wenn man genaue Windbeobachtungen für das betreffende Gebiet und für die entsprechende Zeit zur Verfügung hätte, könnte man die Richtigkeit oder Unrichtigkeit meiner Vermuthung zahlenmässig belegen, aber leider trifft die Voraussetzung nicht ein. So viel aber ist sicher, dass die in die Luft geblasenen leichten Auswürflinge sich recht lange in der Schwebelage halten können und bei mässigen oder leichten Luftströmungen lange genug zum Transport brauchen können, um erst in genanntem Zeitraum Quezaltenango zu erreichen; die Asche dagegen mag auf Umwegen infolge von Winddrehung erst so spät nach dem näheren Helvetia gelangt sein. Jedenfalls scheint mir das Getöse, das um 5 Uhr in San Felipe gehört wurde, auf einen Ausbruch hinzudeuten, da namentlich in der ersten Zeit, bis etwa zum 7. November hin, fast stets derartige Getöse den Ausbrüchen vorangingen und sie begleiteten. Die Ähnlichkeit mit dem Abblasen eines Dampfkessels war manchmal auffallend gross, so gross, dass man auf eine ähnliche Ursache,

<sup>1</sup> Von diesem ersten Ausbruch könnte auch die Asche stammen, die in Comitán schon um 1<sup>h</sup> a. m. am 25. October fiel.

d. i. das unter starkem Druck erfolgende Ausströmen von Dämpfen und Gasen durch eine verhältnissmässig enge Öffnung schliessen darf. Die Auswurfsmasse des ersten leichten Ausbruchs, mag derselbe nun um 5 Uhr oder später erst erfolgt sein, war gering und, soweit sie in bewohnte Gegenden gelangte, feinkörnig und ohne massive Gesteinsstücke.

Um 7 Uhr Abends erblickte man von El Eden aus Lichtschein und von unten nach oben strebende Blitze in der Gegend des Santa Maria und hörte Getöse wie von Flammen in einem Hochofen: vielleicht der Anfang der grossen Eruption, die um 8<sup>h</sup> p. m. von San Felipe aus als in vollem Gang befindlich erkannt wurde. Die starken Donnerschläge, das „Schiessen“, deutete auf heftige Explosionen und um 1 Uhr Nachts begann in La Sabina der Steinhagel. Dieser war vorzugsweise, soweit unsere Kenntniss reicht, durch Bruchstücke des Grundgebirges erzeugt worden und die Thatsache, dass der Steinhagel in Helvetia — dem einzigen Ort in der Nähe des Vulcans, der während des Ausbruchs nicht verlassen wurde — den ganzen Tag über, freilich mit wechselnder Stärke, anhielt, beweist neben dem verhältnissmässig kleinen Kaliber der Projectile, dass die Ausräumung des Schusscanals ganz allmählich, Stück für Stück, erfolgte<sup>1</sup>. Die Gesamtdauer des Steinhagels mag etwa 18 Stunden betragen haben.

BERGEAT<sup>2</sup> macht darauf aufmerksam, dass die Grundgebirgs-Auswürflinge theils völlig gerundet sind, theils schwach gerundete Kanten haben, Erscheinungen, die an Gebläsewirkung erinnern.

Die enorme Intensität, mit der diese Steinlapilli ausgestreut wurden, wird durch nichts vielleicht so deutlich bewiesen, als durch die Thatsache, dass ein solcher Stein auf der 6 km vom Krater entfernten Plantage Helvetia Morgens

<sup>1</sup> Ganz unrichtig ist die Darstellung, die M. WILHELM MEYER in seinem Buche „Von S. Pierre bis Karlsbad“ (Berlin 1904) von dem Ausbruch gibt. Er sagt (p. 44): „Da traten am 24. Oktober Mittags zunächst wieder zwei ungewöhnlich starke Erdstösse ein und etwa 4 Stunden darauf sah man plötzlich sich den Berg weit unterhalb seines Gipfels in etwa 1500 bis 2000 m Höhe öffnen und eine ungeheure Rauchsäule gen Himmel schleudern.“

<sup>2</sup> Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 114.

nach 5 Uhr durch die 3 m tiefe Veranda hindurch bis in das dahinter befindliche Bureau hineinfiel und demnach eine Schussbahn mit recht flacher Bogenlinie durchlaufen haben muss. Ein anderes Beispiel schiefer Fallrichtung (von etwa  $45^{\circ}$  Neigung) vermochte mein Bruder in dem Gartenhäuschen von Helvetia festzustellen, indem dort die Durchschlagslöcher durchs Blechdach und die Bretterverschalung zur Auffindung des in die Aschen eingeschlagenen Steins von  $\frac{3}{4}$  kg Gewicht leiteten. Derartige flache Flugbahnen legen die Idee nahe, dass die Explosionen z. Th. erst im Krater selbst, also ausserhalb des Kraterschachts erfolgt wären. Auffallend ist die relative Kleinheit dieser Steingeschosse, denn auch die grössten der in einer Entfernung von 6—10 km südlich und östlich vom Krater gesammelten Stücke wogen, soweit sie mir bekannt sind, nicht über  $\frac{1}{2}$  Pfd. Die schwersten 6 km südwestlich vom Krater gefallenen Steine wogen dagegen bereits über 1 kg und in der Nähe des Kraters mögen noch wesentlich grössere Stücke gefallen sein; SIEGERIST'S Beschreibung erwähnt ja aus der Nähe des Kraters eine Reihe gewaltiger Blöcke — von denen freilich unsicher ist, ob sie jung und vulcanischen Gesteins sind oder dem Grundgebirge angehören; man darf aber mit Sicherheit annehmen, dass sie durch vulcanische Kraft aus dem Mundloch des Kraters heraus bewegt worden sind, denn sie befinden sich der Beschreibung nach am Aussenrand desselben und können also nicht durch Absturz von der Bergwand des Santa Maria hergekommen sein. Die noch gegenwärtig andauernden Abrutschungen an der an den Berghang sich anlehnenden Rückwand des Kraters sind nur secundäre Erscheinungen, wie sie bei dem übersteilen Gefälle jener Wand nicht ausbleiben können.

Wie die Bildung des Kraters auf allmähliches Ausblasen infolge zahlreicher Explosionen von wechselnder Stärke zurückzuführen ist, so dürften auch die zahlreichen, dem Vulcanausbruch vorangehenden Beben, die häufig mit unterirdischem Getöse verbunden waren, als die äusseren Anzeichen von unterirdischen Explosionen angesehen werden, die allmählich den Ausbruchscanal schufen und näher und näher der Erdoberfläche zuführten, in ähnlicher Weise, wie BRANCO dies für die Entstehung der Schusscanäle

der Uracher Vulcanembryonen annimmt. Das zeitweise enorm gesteigerte Krachen und Donnern deutet auf die stärksten Explosionen hin, die zugleich auch die kräftigste Arbeit verrichteten.

Den geringsten Widerstand müssen die Explosionen längs einer ostwestlich gerichteten Linie gefunden haben, die sich nunmehr oberflächlich durch die ostwestlich gestreckte Gestalt der Krateröffnung und die gleichsinnige Anordnung der Einzelbocas erkennen lässt.

### c) Die Folgen der Vulcanausbrüche.

Die Folgen der vulcanischen Thätigkeit des Masaya und Izalco sind so unbedeutend und machen sich nur in so unmittelbarer Nähe des Vulcans geltend, dass sie nicht näher besprochen zu werden brauchen. Anders ist es aber mit dem Ausbruch am Santa Maria, da derselbe sehr weite Gebiete in mehr oder weniger starke Mitleidenschaft gezogen hat. Aber auch damit will ich mich hier nur ganz kurz befassen, da ich späterhin eingehender darauf zurückzukommen gedenke.

Die directen Folgen des Santa Maria-Ausbruchs bestehen in der Schaffung einer bedeutsamen Terrainvertiefung am Süd-südwestabhang des Vulcans und in der mehr oder minder tiefen Bedeckung benachbarter Gebiete durch lockere Auswürflinge. Welche Wirkung dieselben unmittelbar auf die organische und anorganische Welt innerhalb ihres Fallbereichs ausübten, habe ich schon in meinem Reisebericht<sup>1</sup> angedeutet; ebenda habe ich auch schon darauf hingewiesen, in welcher Weise die Abtragung der Auswürflingsdecke während der Regenzeit erfolgte: auf reiner Bimssteindecke versank das Regenwasser wirkungslos; nur in den Terrainfalten, besonders den alten Bachrissen, sah man zuweilen nennenswerthe Abtragung vor sich gehen; da aber, wo feine Asche in dichter Decke die Bimssteinmassen verhüllte, begann die Abtragung in Millionen von Spülrinnen, die natürlich je nach der Stärke der Regengüsse sich auch verschieden schnell vertieften; sobald die Spülrinnen die Aschendecke durchsenkt hatten,

---

<sup>1</sup> Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 45 ff.

setzte das Wasser die abtragende Thätigkeit mit raschem Gelingen in der Bimssteindecke fort.

Der jählings erfolgende Abfluss der im Gebiet der Aschenhüldecken gefallenen Regenmengen erzeugte gewaltige Hochfluthen, die fast alle Brücken zerstörten und grosse Massen Asche, Schlamm und Bimsstein im Tiefland zum Absatz brachten.

Über die späteren Vorgänge haben mich freundliche Berichte einiger ortsansässiger Freunde, sowie meines Bruders,

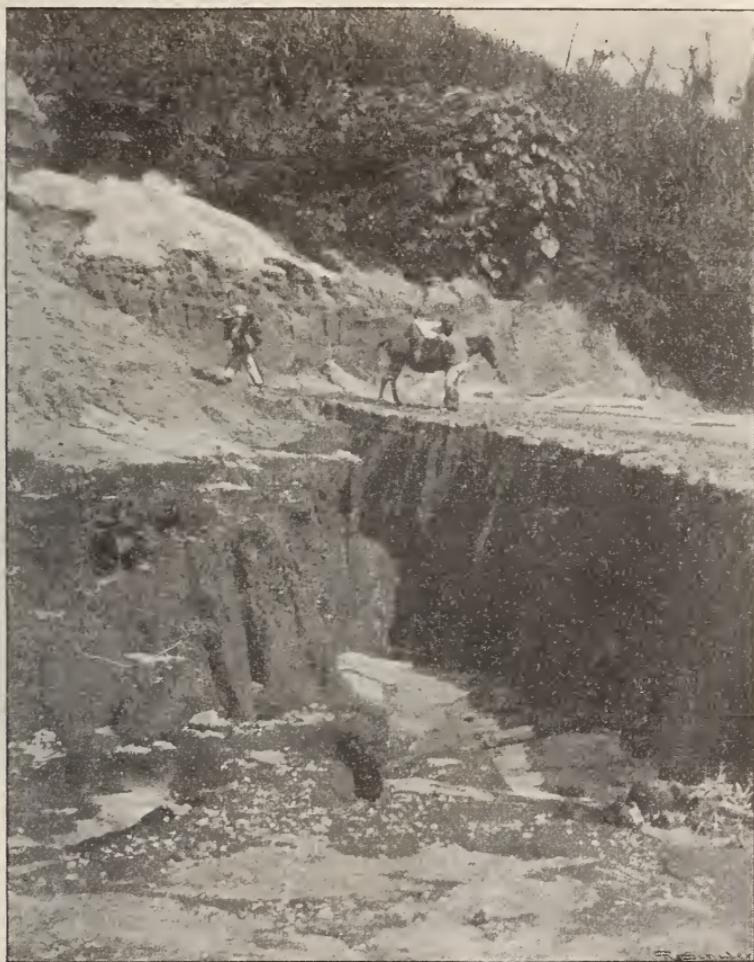


Textfig. 5. San Martin Chile verde. Die Gegend ist unter einer Bimssteindecke begraben. Im Vordergrund erkennt man niedrige Maisstauden: ein misslungener Versuch, auf der neuen Auswurfsdecke Mais zu pflanzen. Aufnahme von R. SAPPER, October 1903.

der im October 1903 eine Studienreise in die Ausbruchgebiete machte, einigermaassen aufgeklärt:

Während der Trockenzeit hat der Wind an der pacifischen Abdachung des Gebirges in geringfügigem Maasse zur Abwärtsbewegung oberflächlicher Massen beigetragen; dagegen scheint im Hochland (bei San Martin Chile verde), wo die Luftströmungen heftiger sind und durch die Vegetation nicht gehemmt wurden, die ganze Aschenhüldecke durch den Wind entführt worden zu sein (Fig. 5).

Mit Beginn der Regenzeit fing auch die spülende Wirkung der Regenwässer wieder an, aber im Allgemeinen mit stark herabgesetztem Effect, da die höhere Vegetation durch die Auswürflingsdecke hindurchgewachsen ist — ausgenommen in der nächsten Nähe des Vulcans, wo die Pflanzen verbrannt



Textfig. 6. Am Weg von San Martin Chile verde zur Costa Cuca. Die oben sichtbare Vegetation (Zuckerrohr) ist durch die Aschendecke durchgewachsen. Aufnahme von R. SAPPER, October 1903.

worden waren — und nun wieder schützend auf die Unterlage wirkt (Fig. 6). Infolge dessen wird auch der grössere Theil der Auswurfsmassen nunmehr an Ort und Stelle zurückbleiben; auf ebenen oder flachgeneigten Stellen war die Abtragung überhaupt fast gleich Null gewesen und nur

an ganz steilen Hängen war sie wenigstens fleckenweise vollständig.

Die Flüsse, die nicht aus dem — noch immer vegetationslosen oder vegetationsarmen — Hauptausbruchsgebiet herkommen, führen gegenwärtig bereits geringere Mengen von Sinkstoffen und dürften allmählich im Laufe etlicher Jahre



Textfig. 7a. Der Übergang über den stark verbreiterten, versandeten Rio Ocosito bei Caballo blanco vermittelt einer Seilbrücke (Garrucha). Aufgenommen von R. SAPPER, October 1903.

wieder halbwegs normale Verhältnisse zeigen. Die ins Tiefland gebrachten Massen von Sanden und Lapillis aber waren so bedeutend, dass alle Flussläufe dort verflacht<sup>1</sup> oder ganz aufgefüllt sind und weite Strecken fruchtbaren Landes mit Schutt überdeckt wurden, stellenweise — so bei Ocos — auch die Meeresküste hinausgeschoben wurde. Im Oberlaufe haben die Flüsse nicht nur ihr altes Bett wieder ausgeräumt, sondern vielfach noch bedeutend vertieft (Fig. 8). Wo einfache

<sup>1</sup> Vergl. Fig. 7a und b.

Spülrinnen bis zum alten Erdboden sich hinabgesenkt haben, haben die alten Stoppeln wieder ausgeschlagen, so dass keine wesentliche Erosion mehr vor sich gehen kann. Auf der frischen Aschendecke hat sich die Vegetation (abgesehen von Schösslingen) noch nicht festwurzeln können (Fig. 5, Vordergrund), während Winden rasch über sie hinwegwuchern.



Textfig. 7b.

#### d) Die Ursachen der Vulcanausbrüche in Mittelamerika 1902.

Über die Ursachen der Vulcanausbrüche kann ich natürlich nur einige Vermuthungen äussern. Ich möchte aber nicht versäumen, sie einem weiteren Kreise zur Beurtheilung vorzulegen, da die mittelamerikanischen Vulcane in ihrer ganzen Anordnung eine solche auffallende Gesetzmässigkeit zeigen, wie sonst wohl kaum wieder auf der Erde beobachtet wird, und weil diese einfache Gesetzmässigkeit der Anordnung auch auf einfache Ursachen hinzudeuten scheint.

Über die Anordnung der mittelamerikanischen Vulcane habe ich mich schon früher ausgesprochen (Zeitschr. deutsch.

geol. Ges. 1897. p. 672 ff.). Ich habe seitdem einige damals noch nicht gekannte Vulcane aufgefunden, aber durch deren Einfügung in die Liste und Karte ändert sich die Hauptanordnung nicht. Es gelten also noch immer die damals hervorgehobenen Hauptsätze, die ich mit unwesentlichen Änderungen und Kürzungen citire:

1. Die mittelamerikanischen Vulcane vertheilen sich auf eine Anzahl kürzerer Einzelreihen<sup>1</sup>, die sprungweise gegeneinander verschoben sind.

2. Keine Vulcanreihe ist völlig geradlinig.

3. Jede Hauptreihe folgt der Richtung eines vorher bestehenden jungeruptiven Gebirgszugs.

4. Die thätigen Vulcane liegen sämmtlich in den Hauptlängsreihen oder ganz kurzen Querreihen.

5. Viele Vulcane sind gruppenweise zusammengedrängt.

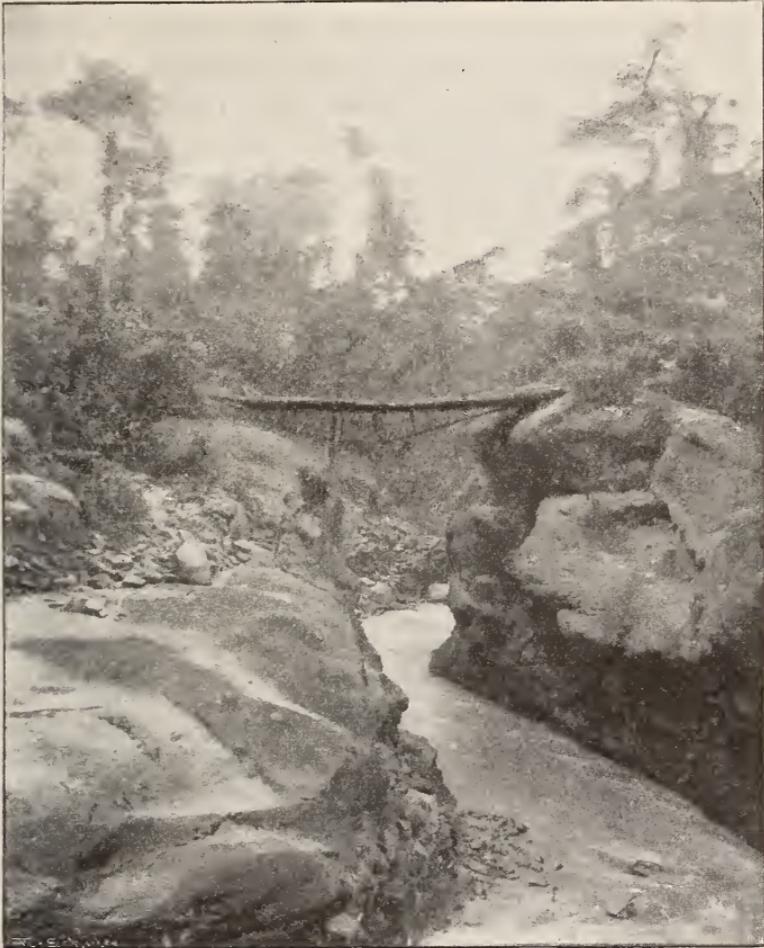
Diese gruppenförmige Zusammendrängung deutet mit Bestimmtheit auf eine besonders lebhaftere Äusserung der vulcanischen Thätigkeit hin, und in der That sind auch die wichtigeren vulcanischen Neubildungen, die in historischer Zeit entstanden sind, zum grösseren Theil innerhalb oder in der Nähe von solchen Vulcangruppen entstanden: Izalco (Ende des 18. Jahrhunderts) in der gleichnamigen Gruppe, zwei neue Kegelchen am Pilas (1850 und 1867 entstanden) in der Maribios-Gruppe und schliesslich der Santa Maria, um den sich, wie die neuere Untersuchung zeigte, zwei (oder drei?) Vulcane mehr schaaren, als bisher angenommen war. Der Ausbruch im Ilopango-See (1880), der zwei kleine Inselchen erstehen liess, ist dagegen in einiger Entfernung von den San Salvador-Vulcanen erfolgt.

Schon DOLLFUS und MONTSERRAT<sup>2</sup> haben 1868 auf die gesetzmässige Anordnung der Vulcane und die gruppenförmige Zusammendrängung vieler von ihnen aufmerksam gemacht. Sie haben auch schon hervorgehoben, dass eine ganze Anzahl dieser zusammengedrängten Vulcane sich in Linien angeordnet

<sup>1</sup> Ich vermeide den Ausdruck „Spalte“, da derselbe seit einiger Zeit zum Zankapfel geworden ist, insofern damit vielfach eine allzu wörtliche Auffassung des Begriffs verbunden wurde.

<sup>2</sup> Voyage géologique dans le républiques de Guatémala et de Salvador. Paris. 1868. p. 296 ff.

finden, die nahezu senkrecht zur Hauptreihe stehen; wo dies aber der Fall sei, sei auch gewöhnlich der thätigste Vulcan an dem südlichsten Ende der Reihe. Ich habe später gezeigt, dass Ausnahmen von dieser Regel in Centralamerika in Salvador vorkommen (Querreihe Tecapa-Taburete)<sup>1</sup>, und dass auch



Textfig. 8. Brücke über den Rio Ocosito in seinem Oberlauf, nahe Helvetia. Der Fluss hat hier nicht nur die Auswürflingsdecke durchbrochen, sondern sein altes Bett auch noch vertieft. Aufnahme von R. SAPPER, October 1903.

innerhalb der Querreihe Acatenango-Fuego<sup>2</sup> in Guatemala der Ausbruchspunkt nicht stetig südwärts gewandert ist, sondern auch einmal eine rückläufige Bewegung eingehalten hat; aber

<sup>1</sup> PETERMANN'S Mitth. 1897. p. 2 f.

<sup>2</sup> PETERMANN'S Mitth. 1895. p. 106. Taf. 17.

die Thatsache blieb bestehen, dass in einer Anzahl von Fällen die Hauptthätigkeit sich südwärts, meerwärts vorgeschoben hatte, so bei S. Ana-Izalco, Acatenango-Fuego und Toliman-Atitlan; eine Ausnahme von dieser Regel machte der Santa Maria, da der Hauptsitz der Thätigkeit landeinwärts im Cerro quemado lag. Diese Ausnahme von der Regel existirt nicht mehr, da durch den neuen Ausbruch der Hauptsitz der Thätigkeit ebenfalls meerwärts verlegt worden ist, und zwar in der Weise, dass der neue Ausbruchspunkt mit dem Gipfel des Santa Maria und dem Cerro quemado ungefähr in einer Geraden liegt, dass also die kurze Querreihe Cerro quemado—Santa Maria sich einfach verlängert hat. Es scheint also in dieser Richtung ein Band oder Streifen geringeren Widerstands oder lockeren Zusammenhalts vorhanden zu sein — was man eben früher mit dem freilich leicht irreführenden Namen Spalte zu bezeichnen pflegte, und was ich selbst früher als „unvollkommene Bruchspalten“<sup>1</sup> einschränkend bezeichnen wollte.

Die nahe Zusammengehörigkeit des neuen Ausbruchspunkts zum Cerro quemado wird durch die Ähnlichkeit der petrographischen Producte bewiesen, worauf BERGEAT gleich nach dem Ausbruch auf Grund der von mir gesammelten Gesteinsproben aufmerksam gemacht hat, indem er zugleich aus diesem Grund den neuen Krater als eine vulcanische Neubildung und nicht als ein Adventivgebilde des Santa Maria ansprach<sup>2</sup>. Ich stimme ihm vollkommen bei, ohne jedoch deshalb die nahe Zusammengehörigkeit des Santa Maria zum Cerro quemado und der Neubildung in Abrede stellen zu wollen. Die Thatsachen zeigen ja, dass ein und derselbe Vulcan sogar, geschweige denn eine Gruppe, im Verlauf ihrer Thätigkeitsäusserungen recht verschiedenartige Producte liefern kann. Wir können freilich nicht nachweisen, auf welche mechanische und chemische Vorgänge im Magma dies zurückzuführen ist. Ich glaube nun, dass die olivinführenden Augitandesite des Santa Maria zwar demselben Herd entstammen wie die Horn-

<sup>1</sup> Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1895. p. 360 f.

<sup>2</sup> Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 117.

blende-Hypersthenandesite des Cerro quemado und des neuen Kraters, dass aber eben die letzteren der jüngsten chemischen Zusammensetzung und den jüngsten mechanischen Bedingungen des Magmaherdes entsprechen. Leider liegen von dem Gestein des Santa Maria selbst keine Analysen vor; aber es ist kaum glaubbar, dass die chemische Gesamtzusammensetzung so verschieden wäre von der der neuen Auswürflinge, dass eine Herkunft aus demselben Herde unmöglich erschiene<sup>1</sup>.

Die Form des neuen Kraters und die Anordnung der Einzelbocas weisen allerdings darauf hin, dass sich unter dem Einfluss der vulcanischen Explosionen eine ungefähr ostwestlich streichende kurze Spalte (oder Band geringer Widerstandskraft) zum Verbindungscanal vom Magma zum Krater ausgebildet habe. Freilich steht diese kurze Spalte beinahe senkrecht auf der Querreihe Cerro quemado—Santa Maria, und daher etwa parallel der Hauptreihe; aber es ist mechanisch nur begreiflich, dass der Durchbruch an der Stelle erfolgte, wo zwei Zonen gelockerten Zusammenhalts und daher geringsten Widerstands sich kreuzen. Wenn wir oben richtig geschlossen haben, dass die zahllosen Beben vom 18. April bis 24. October als Vorboten (und Zeichen vorbereitender Actionen) des Vulcanausbruchs anzusehen sind, so müsste man auch annehmen, dass der ostwestlich streichende Streifen geringen Widerstands an eben dem 18. April und zwar unmittelbar nach dem ersten Stoss des Bebens entstanden sei. Der erste Stoss des Bebens vom 18. April war aber zweifellos tektonischer Natur; der Ursprungsort der Bewegung lag süd-südwestlich von Ocos in unbekannter Entfernung draussen im Meere, und da bald darauf sich in Ocos und Umgebung Senkungserscheinungen zeigten, so darf man wohl annehmen, dass das Beben die Folge einer Schollenbewegung war, die den Process der allmählichen Küstenabsenkung auf der pacifischen Seite weiterführte. Der Betrag der Schollenabsenkung mag unbedeutend gewesen sein, aber er reichte doch hin, um an der Grenze zwischen der bewegten Scholle und der unbewegten Erdrinde ein Band geringen Widerstands, einen

---

<sup>1</sup> Vergl. übrigens ZIRKEL, Lehrbuch der Petrographie. 2. Aufl. II. p. 817 unten.

Tabelle der vom meteorologischen Centralobservatorium von Mexiko

Ortsnamen	Beginn des Aschenfalls	Ende des Aschenfalls
Comitán . . . . .	Am 25. um 1 <sup>h</sup> a. m.	Am 27. um 9 <sup>h</sup> a. m.
San Juan Bautista . .	" 25. " 8 p. m.	" 27. " 11 a. m.
Oaxaca . . . . .	" 25. " 6 p. m.	" 29. " 3 a. m.
Laguna . . . . .	" 25. " 11 a. m.	" 26. " 11 a. m.
Palenque . . . . .	" 25. " 6 a. m.	" 27. " 5 p. m.
Balancan . . . . .	" 25. " 5 a. m.	" 27. " 3 p. m.
Cárdenas . . . . .	" 26. " 3 p. m.	" 27. " 3 p. m.
Comalcalco . . . . .	" 26. " 4 a. m.	" 26. " 9 p. m.
Cunduacán . . . . .	" 26. " 10 a. m.	" 27. " 10 a. m.
Frontera . . . . .	" 26. " 2 a. m.	" 26. " 11 a. m.
Huimanguillo . . . . .	" 26. " 3 a. m.	" 26. " 11 p. m.
Jalapa . . . . .	" 25. " 12 m.	" 26. " 4 p. m.
Jonuta . . . . .	" 25. " 9 a. m.	" 26. " 6 p. m.
Macuspana . . . . .	" 25. " 12 30' p. m.	" 26. " 6 p. m.
Montecristo . . . . .	" 25.	" 27.
Nacajuca . . . . .	" 25. " 2 a. m.	" 26. " 12 n.
Paraiso . . . . .	" 26. " 4 a. m.	" 26. " 11 p. m.
Tacotalpa . . . . .	" 25. " 12 m.	" 26. " 4 p. m.
Teapa . . . . .	" 25. " 7 a. m.	" 26. " 3 p. m.
Tenosique . . . . .	" 25. " 7 a. m.	" 27.
Tonalá . . . . .	" 25. " 3 30' p. m.	" 26. " 3 30' p. m.
San Cristobal . . . . .	" 25. " 8 a. m.	" 26. " 4 p. m.
Ocosingo . . . . .	" 25. " 6 a. m.	" 27. " 6 a. m.
Campeche . . . . .	" 26. " 5 a. m.	" 27. " 11 a. m.
Catazajá. . . . .	" 25. " 6 a. m.	" 26. " 6 p. m.
Chamotón. . . . .	" 25. " 6 a. m.	" 26. " 6 p. m.
Tuxtla Gutierrez . . .	" 25. " 6 p. m.	" 26. " 6 p. m.
Juquila . . . . .	" 26.	" 26.
Tapachula . . . . .	" 25. " 8 a. m.	" 28. " 8 a. m.
Motocintla . . . . .	" 25. " 6 a. m.	" 26. " 5 p. m.
Chicharras . . . . .	" 25. " 6 a. m.	" 26. " 5 p. m.
Mapastepec . . . . .	" 25. " 6 a. m.	" 26. " 5 p. m.
Pijijiapam . . . . .	" 25. " 6 a. m.	" 26. " 5 p. m.

## gesammelten Daten über den Aschenfall vom 25.—28. October 1902.

Dauer	Mächtigkeit der Aschendecke	Intensität des Aschenfalls pro Stunde u. qkm in cbm ausgedrückt	Bemerkungen
56 <sup>h</sup>	37 mm	661	Wiederholtes starkes Getöse.
39	5 "	128	Unterirdische Geräusche.
33	5 "	152	
34	31 gr pro qm = 0,025 m	1,04	Im Süden war der Aschenregen ergiebiger u. begleitet von Detonationen. Südwind.
59	10 mm	169	Starke häufige Detonationen.
58		—	Detonationen.
24	2 "	83	Unterirdisches Getöse.
41	1½ "	37	" "
24	2 "	83	" "
33	3 "	91	" "
32		—	" "
28	unbedeutend	—	" "
33	1 mm	30	" "
29½	1 "	34	Häufige starke Retumbos.
		—	Detonationen.
10	1 "	100	"
7		—	"
28	1½ "	54	"
32	1½ "	47	Keine Geräusche gehört.
48	unbedeutend	—	" " "
24	20 mm	833	
33	5 "	152	Im Süden starkes unterirdisches Getöse, das am 25. um 3 <sup>h</sup> p. m. aufhörte.
48	10 "	208	Nichts gehört.
30	1 cbcm pro qm = 0,001 mm	0,03	Dumpe Detonationen am 25.
37	2½ mm	68	
		—	" " " 25.
		—	Unterirdische Geräusche um 3 <sup>h</sup> a. m. am 25., sehr häufig, mit Pausen bis Mittag fortdauernd.
		—	Am 24. um 1 <sup>h</sup> a. m. starke unterirdische Geräusche wie Kanonenschüsse, bis 8 <sup>h</sup> p. m. am 26.
72	229 "	2181	Starke Detonationen, die theils unterirdisch zu sein schienen, theils durch die Luft hergetragen wurden.
35	400 "	11429	
	420 "	—	
	200 "	—	
	60 "	—	

Streifen der Auflockerung, hervorzurufen. Dass dieser nicht an der Stelle der jungeruptiven Rückengebirge oder innerhalb der vulcanischen Hauptlängsreihen entstand, hat wohl seinen Grund in der namhaften Verfestigung, den diese ehemaligen Längsgebiete geringen Widerstands durch eingedrungene und erstarrte Eruptivmassen erfahren haben, so dass also die Bewegung der absinkenden Scholle sich am leichtesten ausserhalb der genannten Gebiete bewerkstelligen konnte. Daher auch das seewärts gerichtete Vorrücken der hauptsächlichsten vulcanischen Thätigkeit, das sich ja auch schon früher an einigen anderen Stellen in Guatemala und Westsalvador vollzogen hat.

Das seewärts gerichtete Vorrücken der jungeruptiven Thätigkeit scheint mir aber im nördlichen Mittelamerika sich schon früher bethätigt zu haben: Die gleichgesinnte Richtung der jungeruptiven Rückengebirge, die zudem ebenfalls z. Th. sprungweise gegeneinander verschoben sind, wie die Längsvulcanreihen dieser Gebiete, hat mich neben der grossen petrographischen Verwandtschaft der geförderten Gesteine schon früher<sup>1</sup> zu der Vermuthung geführt, dass die Entstehung der jungeruptiven Gebirgszüge „auf eine ähnliche, vielleicht sogar dieselbe, aber graduell und zeitlich verschiedene Ursache“ zurückzuführen wäre, wie die der in Längsreihen angeordneten Vulcane der Gegend; es hätte sich demnach einstens derselbe Vorgang im Grossen gezeigt, wie jetzt wieder im Kleinen, und die Entstehung von Bruchspalten, aus denen sich die Eruptivmassen ergossen haben, wäre gleichfalls der Absenkung von Schollen auf der pacifischen Seite zuzuschreiben. Dieser Vorgang, der dem ganzen nördlichen Mittelamerika seine Gestalt auf der pacifischen Seite gab, hätte sich dann später in kleinerem Maassstabe wiederholt, wodurch die Längsvulcanreihen entstanden. Durch die ungleichmässige Absenkung der einzelnen Schollen entstanden an den Ecken Flächen geringeren Zusammenhalts, die später vulcanischen Ausbrüchen den Weg wiesen und kleine Querreihen hervorbrachten, die beinahe senkrecht zu den Hauptreihen stehen; da die Grenzflächen der Bewegung einzelner Schollen und

---

<sup>1</sup> Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1893. p. 575, 1895. p. 360, 1897. p. 681.

Schollencomplexe mehrfach gegeneinander verschoben waren, so erscheinen nun auch die Vulcanlängsreihen um diesen Betrag verschoben.

Wenn der Ausbruch des Santa Maria auf eine Schollenbewegung zurückgeführt werden darf, so ist vielleicht auch für das Wiedererwachen der vulcanischen Thätigkeit des Izalco<sup>1</sup> dieselbe Ursache anzunehmen. Denn auffallend erscheint mir die unter starken localen Beben und unterirdischem Getöse erfolgte, auf einen schmalen Küstenstreifen der Westküste von Salvador beschränkte Fluthwelle vom 26. Februar 1902. Freilich fehlt es an genügend detaillirten Mittheilungen, um der Ursache dieser Erscheinung nachzugehen, es scheint mir aber namentlich das anfängliche Zurückweichen des Meeres eher auf ein locales Absetzen des Meeresbodens, als auf einen submarinen Vulcanausbruch hinzudeuten. Zudem spricht der völlige Mangel an Auswurfsmaterial gegen einen submarinen Ausbruch.

Frägt man nun aber nach der Ursache jener Schollenbewegungen, die nach obigen Ausführungen wahrscheinlich, bezw. möglicher Weise die Ausbrüche des Santa Maria und Izalco veranlasst haben, so findet man sie in dem Weichen, dem zunehmenden Tieferwerden des Beckens des Stillen Oceans. Es würden sich also hier ähnliche Vorgänge abspielen, wie sie nach F. v. RICHTHOFEN<sup>2</sup> vielfach am Westrand des pacifischen Beckens stattgefunden haben, und es würden demnach die Vulcanreihen des nördlichen Mittelamerika über Streifen der Auseinanderzerrung stehen. Gebiete der Zerrung begünstigen aber nach W. BRANCO<sup>3</sup> die Entstehung offener Spalten, und wir müssen uns in der That vorstellen, dass sich solche in der Tertiärzeit gebildet hätten und gewaltige Magmamassen daraus hervorgequollen wären, wodurch die jungeruptiven Rückengebirge Mittelamerikas entstanden. Bei späteren Absenkungen dürfte es aber nur noch zur Bildung unvollkommener, nach oben nicht

<sup>1</sup> Für den leichten Ausbruch des Masaya ist eine bestimmte Ursache nicht ersichtlich.

<sup>2</sup> F. v. RICHTHOFEN, Geomorphologische Studien aus Ostasien. I bis V. Sitz.-Ber. d. k. preuss. Akad. Wiss. 1900—1903.

<sup>3</sup> W. BRANCO, Zur Spaltenfrage der Vulcane. Ibid. 1903. S. 776.

oder nur wenig geöffneter Spalten gekommen sein, weshalb nunmehr erst durch explosive Thätigkeit an besonders begünstigten Punkten der Durchbruch erfolgen konnte. An diesen Stellen bauten sich dann die Vulcane auf, deren Anordnung demnach einen Rückschluss auf den einstigen Verlauf der unvollkommenen Bruchspalten oder der Streifen gelockerten Zusammenhalts gestattet.

Wenn die Richtung der mittelamerikanischen Vulcanreihen durch Zerrung in Folge des Absinkens des pacifischen Beckens bedingt ist, so begreift sich auch, warum dieselbe, unbekümmert um die Streichrichtungsänderungen des Kettengebirgs des nördlichen Mittelamerika, trotz sprungweiser Verschiebung der Einzelreihen, von einem Ende des Vulcansystems bis zum anderen, ziemlich gleichsinnig geblieben ist. Das mittelamerikanische Vulcansystem ist demnach von den Leitlinien der übrigen geologischen Einheiten des nördlichen Mittelamerika ebenso unabhängig, wie etwa im Westen des Pacifischen Oceans der grosse japanische Vulcanbogen (Bandai-Bogen)<sup>1</sup>. So zeigen sich trotz namhafter Verschiedenheiten im Einzelnen doch auch wieder gewisse Analogien zwischen manchen Vulcansystemen des Ost- und des Westrandes des Stillen Oceans.

---

<sup>1</sup> F. v. RICHTHOFEN, a. a. O. 1903. S. 910.





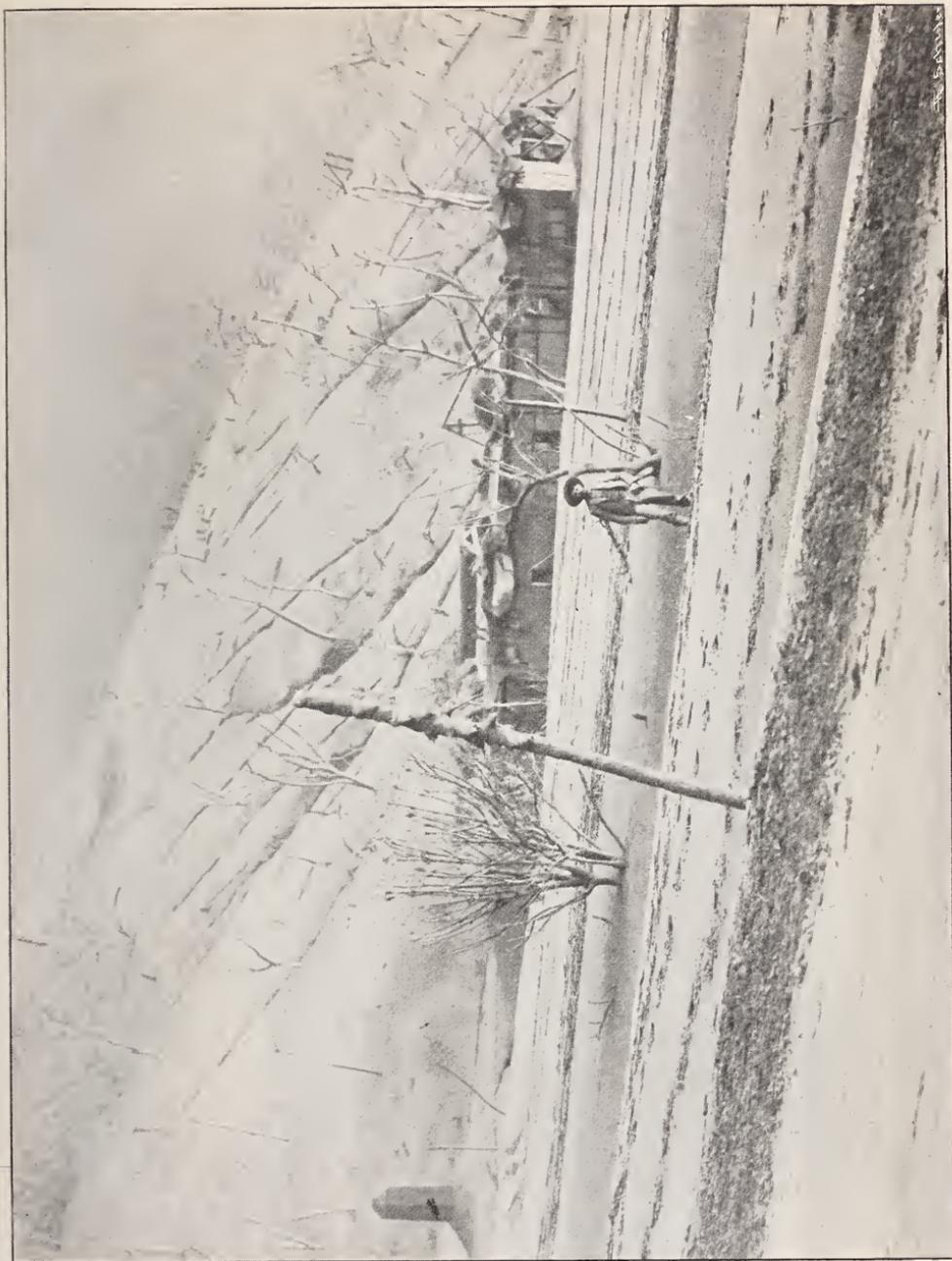
No. 1. Ausbruch des Izalco um Mitte December 1902.  
(Aufnahme von BENJ. OLCOVICH.)



No. 2. Ausbruch des Izalco am 30. December 1902.  
(Aufnahme von BENJ. OLCOVICH.)



Ausbruchswolke des Santa Maria (mit STREIT'scher Wolke rechts).  
(Aufgenommen von FERNANDEZ V. VALDEAVELLANO, von Quezaltenango aus.)



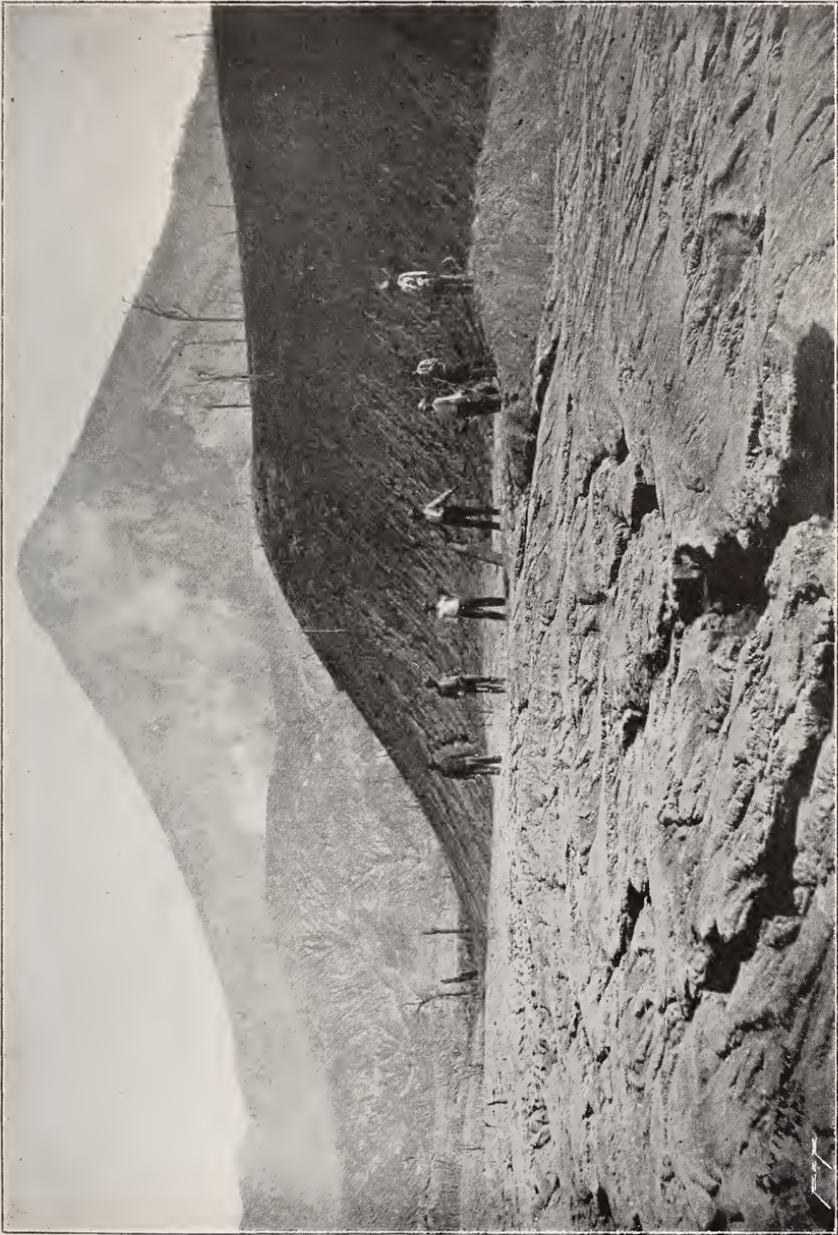
(Aufnahme von T. M. Capenas)

1009

N. Jahrbuch f. Mineralogie etc. 1904. Bd. I.

Taf. VI.

1009



Blick auf den Santa Maria mit dem Krater. Im Vordergrund Spülrinnen und Erosionscanäle in der Aschentecke. An der Stelle, wo die Männer stehen, war früher das Badehotel von La Salina gewesen.  
(Aufnahme von J. M. CARDENAS, November 1902.)



Der Krater des Santa Maria von Osten her aufgenommen von WINTERTON 1903.



Der Krater des Santa Maria, im Hintergrund die von Spülrinnen durchfurchte Aschenlandschaft; in der Ferne der Vulkan Chicaval. Aufnahme von WINTERTON.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://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](#)

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

Artikel/Article: [Die vulcanischen Ereignisse in Mittelamerika im Jahre 1902. 39-90](#)