

# Beiträge zur Geologie der Samoainseln.

Von

**Immanuel Friedländer.**

Mit 2 Karten und 5 Tafeln.

Beiträge

zur Geologie der Samoisinsel.

Von

Immanuel Friedländer.

Mit 3 Karten und 5 Tafeln.

Im Frühjahr und Sommer des Jahres 1907 habe ich die Hawaiischen Inseln, zwei Inseln der Fijigruppe und die Samoainseln besucht. Hawaii und Samoa waren mir bereits bekannt, da ich 1893 sieben Monate auf den Hawaiischen Inseln und nahezu einen Monat auf Samoa zugebracht hatte.

Die Fijigruppe dürfte, trotz der verdienstvollen Arbeiten von Woolnough geologisch noch für recht unbekannt gelten. Bei einer dreiwöchentlichen Tour durch Viti Levu, die größte der Fijiinseln, habe ich im allgemeinen die Beobachtungen von Dr. Woolnough nur bestätigen können. Der Unterbau der Insel besteht aus alten Schiefen, die durch Granite und Diorite durchbrochen wurden. In weder von mir noch von Dr. Woolnough besuchten Teilen des Westens der Insel, am mittleren Lauf des Sigaboka gibt es möglicherweise mesozoische Kalksteine. Die alten Schiefer sind vielfach gefaltet und verworfen. Stark gefaltet und verworfen sind auch die fossilienreichen älteren Tertiärschichten von Nasogo. In diesem Tertiär kommen große Kalkgerölle mit sehr schlecht erhaltenen Korallen vor, die einen mesozoischen Eindruck machen. Die tertiären Ablagerungen selbst bestehen aus marinen Sandsteinen und Strandkonglomeraten mit reichlichen Muschelresten. Nach diesem älteren Tertiär kam die Haupteruptionsperiode der Andesitvulkane, und das jüngere nahezu horizontal oder nur wenig geneigt liegende Tertiär, die sogenannte Soapstoneformation, besteht aus teils marinen, teils fluviatilen Umlagerungen der Verwitterungsprodukte dieser Andesitlaven und Tuffe. Die höchsten Erhebungen der Insel bestehen aus mächtigen Bänken von Andesitkonglomeraten.

In den jüngeren Tertiär findet sich auch gehobener Korallenkalksandstein.

Im Norden der Insel befinden sich bedeutende anscheinend stark basische Basalte — Laven und Tuffe — von hunderten von Metern Mächtigkeit. Diese sind anscheinend noch jünger als die Andesite.

Würde die Insel um nur 300—400 Meter sinken, so würden nur die jungvulkanischen Andesit- und Basaltformationen über Wasser bleiben, und die Insel Viti Levu würde denselben Eindruck machen, wie viele der andern Fiji-

inseln — beispielweise Ovalau —, und niemand würde in ihr etwas anderes sehen, als eine jungvulkanische Insel. So aber müssen wir die Fijigruppe für den Rest eines Kontinentes halten, selbst wenn die Schiefer, wie Woolnough in seiner zweiten Arbeit glaubt, auch vulkanischen Ursprungs wären; denn die Faltungen und Verwerfungen lassen sich nur verstehen, wenn Viti Levu früher einem großen Landkomplex angehörte und konnten auf einem kleinen Inselgebiet unmöglich vorkommen.

Bei den Samoa- und Hawaii-Inseln liegt die Sache anders. Kontinentale Gesteine, größere Faltungen, diskordante Überlagerungen, wie ich sie auf Fiji sah, kommen nicht vor. Ich bemerke, daß ich eifrig nach heterogenen, durch die vulkanischen Gesteine etwa heraufgebrachten älteren Materialien gesucht habe und obwohl ich vom Vesuv, Etna und anderen Vulkanen her das Auftreten solcher Einschlüsse gut kenne, habe ich außer Olivingesteinen nichts derartiges finden können. Auch unter dem Material der alten Steinwerkzeuge der Eingeborenen habe ich vergeblich danach gesucht — vergeblich mit drei Ausnahmen, — die aber nichts für das Vorkommen älterer Gesteine auf den beiden Inselgruppen beweisen. Die eine Ausnahme ist ein Steinbeil, das anscheinend aus einem Dioritschiefer besteht, und an der Ost-Küste der Insel Sawaii von dem Sohn eines dortigen Händlers gefunden wurde. Ich trage keinerlei Bedenken, dieses Stück für eine Importation aus Fiji zu halten, wo ich ähnliches Material gesehen habe. Der Verkehr zwischen Fiji und Sawaii ist seit alten Zeiten bis auf den heutigen Tag sehr rege. Die zweite Ausnahme ist ein kleines Jadeitbeil von der Westküste Hawaiis: ich halte es auch für importiert — wahrscheinlich von Mexiko. Die dritte Ausnahme hat ein besonderes Interesse. Herr Dr. Angenheister, Leiter des Observatoriums in Apia, machte mich auf einen hellfarbigen Netzbeschwerer eines samoanischen Fischers aufmerksam. Das Material war Granit, und ich erklärte sofort, daß es sich um vermutlich aus Neuseeland importierten Schiffsballast handeln müßte. Ich konnte nun durch Nachfragen tatsächlich herausbringen, daß der Netzbeschwerer erst kürzlich hergestellt war und zwar aus einem Stein, den der betreffende Samoaner am Strande bei der Niederlassung der Deutschen Handels- und Plantagengesellschaft, gerade gegenüber dem Hause des deutschen Arztes Dr. Funck gefunden hatte. Dort liegt eine große Menge alten Schiffsballastes aus der alten Segelschiffszeit; Steine aus dem Westen der Vereinigten Staaten, aus Alaska, aus Neuseeland u. s. w.

Im übrigen habe ich bei der großen Menge alter Steinwerkzeuge, die mir von Eingeborenen oder Weißen vorgelegt wurden, nur einheimisches Material konstatieren können und zwar Basalt, Korallenkalk und Kalksinter.

Nach alledem besteht für die beiden Inselketten kein Anhalt dafür, daß sie als vulkanische Gipfel einem Gebirgszuge kontinentalen Ursprunges aufgelagert seien, wie es bei den Hauptinseln der Fijigruppe der Fall ist.

Wir müssen also wohl bei der üblichen Annahme bleiben, daß die gesamten Inselketten mit ihrem unterseeischen Sockel aus vulkanischem Material und zwar — wenn wir weiter aus dem uns bekannten Aufbau des überseeischen Teiles schließen — nahezu ausschließlich aus Basaltlava bestehen.

Um einen Begriff zu haben, um welche Massen es sich dabei handelt, tut man gut, sich die folgenden Tatsachen zu vergegenwärtigen. Die Hawaiiischen Inseln, von Hawaii im Südost bis nach Kauai im Nordwest sind etwa 620 Kilometer lang; berücksichtigt man die kleinen vulkanischen Felsen und Korallenriffe im Nordwesten, so ergibt sich die Gesamtlänge zu über 2500 Kilometer. Die höchsten Erhebungen über dem Meer betragen über 4000 Meter und die Höhe des unterseeischen Sockels kann man auf über 6000 Meter annehmen.

Die Samoainseln, von Sawaii im Nordwesten bis zu Rose-Island im Südosten sind etwa 520 Kilometer lang und die größte Höhe der Hauptinsel beträgt über 1800 Meter.

Die durchschnittliche Gehängeneigung dieser beiden Ketten ist äußerst sanft und ist mit  $5^{\circ}$  noch zu hoch angenommen, wenn auch die Gipfel vielfach steiler sind. Die Breite dieser vulkanischen Ketten, an ihrer Basis auf dem Meeresgrunde gemessen, wird man zu etwa 200 Kilometer oder auch mehr berechnen und die Mächtigkeit der Basaltablagerung würde 6000 bis 10000 Meter betragen.

Diese Dimensionen übertreffen alles, was von Basaltablagerungen auf dem Festland bekannt ist, dermaßen, daß es wohl berechtigt erscheint, trotz des oben erwähnten Fehlens aller positiven Anhaltspunkte an die Möglichkeit zu denken, daß die Vulkane der pazifischen Inseln — ähnlich wie etwa im Westen des amerikanischen Kontinentes — einem Gebirgszuge aufgesetzt sein könnten. Das Beispiel von Fiji, wo der Sockel gerade noch der Beobachtung zugänglich ist, sowie die Seltenheit von Funden heterogenen, durch die Vulkane heraufgeschafften Materials auch bei zweifellos aufgesetzten Vulkanen mahnen jedenfalls zur Vorsicht.

Ob nun aber ein solcher nicht vulkanischer Gebirgszug als Sockel dieser Inselgruppen existiert oder nicht, das Eine dürfte nicht zu bezweifeln sein, daß die Vulkane auf einer tektonischen Linie angeordnet sind, die dem Durchbrechen des Basaltes einen geringeren Widerstand geboten hat. Trotz aller Polemik über die Abhängigkeit oder Unabhängigkeit der Vulkane von Spalten wollen wir eine solche Linie ruhig eine Spalte nennen; eine offene klaffende

Spalte kann natürlich unter erheblichem Druck nicht existieren, da sie sich schließen würde. Wohl aber kann an der Verwerfungs- oder Überschiebungsgrenze zweier großer Schollen der festen Erdrinde das vulkanische Magma Gelegenheit zum Ausfließen bekommen.

Die Hawaiischen Inseln sind durch die Werke von J. Dana, Lowthian Green, Dutton und vielen anderen ziemlich gut bekannt; zu bedauern ist allerdings, daß eine regelmäßige Beobachtung der zur Zeit tätigen Vulkane dort nicht stattfindet. Die Vereinigten Staaten von Nord-Amerika hätten wohl die Ehrenpflicht, für ein Observatorium mit guten instrumentellen Hilfsmitteln in Hawaii zu sorgen, doch ist in dieser Richtung leider bisher nichts geschehen. Die tätigen Vulkane liegen auf der südöstlichsten Insel Hawaii; die nächste Insel in der Kette, Maui, besteht aus einem bis vor kurzem noch tätigen Vulkan, dem Haleakala, und einem älteren, schon stark erodierten Vulkanberge im Nordwesten. Noch stärker erodiert und verwittert ist Oahu, und am stärksten seit seiner Tätigkeit verändert ist Kauai. Man hat daraus geschlossen, daß die vulkanische Tätigkeit im Laufe der Zeit von Nordwesten nach Südosten gewandert sei. Dies ist insofern sicher richtig, als das Erlöschen der vulkanischen Tätigkeit im Nordwesten früher als im Südosten stattgefunden hat; zweifelhaft bleibt aber, ob der Beginn der Eruptionen in der gleichen Reihenfolge stattfand. Überlegt man sich die Frage, wo an einer Spalte die größte Menge Magma ausfließen wird — ob an der zuerst eröffneten Stelle der Spalte, oder der zuletzt eröffneten — so wird man unbedenklich es für wahrscheinlicher halten, daß die herausbeförderte Menge an dem ersten Eruptionspunkt am größten sein wird. Nun ist die jetzt noch tätige südöstliche Insel Hawaii bei weitem die größte der Gruppe. Es wäre sehr gut möglich, daß der Beginn ihrer Tätigkeit früher oder gleichzeitig mit dem Beginn der Tätigkeit von Maui, Oahu und Kauai stattfand; da nun die zuerst entstandenen Schlote der Insel Hawaii sich durch Einschmelzen der Wände weiter öffnen konnten als die später entstandenen Schlote der übrigen Inseln, so blieben die Hawaiischen Vulkane länger in Tätigkeit. Durch Verwitterung und Erosion entstandene Täler wurden durch frische Laven stets ausgefüllt, und die Oberfläche der Insel zeigt heute noch ein sehr junges Aussehen. Die kleineren Schlote der andern Inseln stellten ihre Tätigkeit früher ein, und je weiter wir nach Nordwesten kommen, um so stärker haben Verwitterung und Erosion gearbeitet. Diese Auffassung dürfte ebensoviel Berechtigung haben wie die Theorie des Wanderns der vulkanischen Tätigkeit von Nordwesten nach Südosten. Es läßt sich eben nichts Bestimmtes sagen über die Reihenfolge der Entstehung der einzelnen Vulkane derselben

Spalte, wenn wir wie hier den Vulkan mit der jüngsten Oberfläche wegen seiner Größe für den ältesten halten müßten.

Bei der Samoanischen Vulkangruppe, die ich im folgenden etwas genauer beschreiben will, liegen die Verhältnisse insofern ähnlich, als man auch hier an einem Ende der Inselkette die größte Insel Sawaii und auf ihr die jetzt noch tätigen Vulkane haben. Trotz des sehr verschiedenen Alters der zutage tretenden Gesteine wäre es auch hier wohl nicht möglich, die Reihenfolge des Eruptionsbeginnes der einzelnen Inseln festzustellen. Wenn wir im folgenden daher von dem relativen Alter der Inseln sprechen, so soll sich das lediglich auf die zutage tretenden Gesteine und die Oberflächenerscheinungen beziehen.

Die nächste Insel, Upolu, ist die zweite an Größe. Sie liegt östlich von Sawaii und zeigt namentlich in ihrem westlichen Teil noch eine ziemlich frische Oberfläche. Eine Reihe von Vulkankegeln, unter denen der Tofua am meisten hervorrage, zeigen noch die typische Form. Im Osten hat die Erosion schon tiefer eingeschnitten und die ursprünglichen Formen stark verändert. Die tiefen Buchten von Saluafata, Falifä, Fangaloo, Tiavea sowie die zackigen und zerklüfteten Berge lassen auf ein höheres Alter schließen. Immerhin muß man bei dieser Betrachtung aber berücksichtigen, daß bei allen diesen Inseln die dem Passatwinde ausgesetzte Ostseite auch mehr Regenfall hat und schneller verwittert und daher auch bei gleichem Alter leicht einen älteren Eindruck machen könnte.

Die Insel Tutuila, etwa 75 Kilometer weiter südöstlich gelegen, hat ein noch älteres Aussehen als Ost-Upolu und ist vielleicht wirklich die älteste Insel der Gruppe, wenigstens in ihrem östlichen Teil. Der westliche Teil auch dieser Insel zeigt noch frische Laven und Schlackenbühl.

Etwa 100 Kilometer weiter östlich liegen die drei als Manua zusammengefaßten Inseln Ofu, Olosega und Tau (letztere ist die größte und wird auch allein manchmal Manua genannt). Diese Inseln haben wieder ein jüngerer Aussehen, und namentlich Tau erinnert darin an Sawaii. Zwischen Olosega und Tau fand im Jahr 1866 ein submariner Ausbruch statt, aber auf den Inseln selbst wurde ebensowenig, wie auf Upolu und Tutuila in historischer Zeit ein Ausbruch beobachtet. Die wirklich historische Zeit reicht allerdings für diese Inseln nicht weit zurück und umfaßt, selbst wenn man die halbwegs zuverlässigen Traditionen der Eingeborenen einschließt, wohl kaum drei Jahrhunderte.

Die östlichste Insel der Gruppe ist Rose-Island, ein niedriges unbewohntes Atoll. Da sie nach Berichten des Kapitäns Stefany in Pago-Pago nur aus

Korallen und Korallensand bestehen soll, habe ich sie nicht aufgesucht. Sie liegt etwa 150 Kilometer östlich von der Manuagruppe und markiert wohl den Gipfel eines unterseeischen Vulkans derselben Spalte.

Nach dieser kurzen Beschreibung der Gruppe wollen wir uns den einzelnen Inseln zuwenden.

#### Sawaii.

Aus der beigegebenen Kartenskizze ist zu ersehen, daß die Insel Sawaii eine nahezu rhombische Gestalt hat. Die größte Transversale dieses Rhombus, von Falealupo nach Tafua fällt ungefähr mit dem zentralen Höhenrücken der Insel zusammen, und verläuft in der Richtung nach den kleinen Inseln Apolima, Manono und weiter nach der Westspitze der Insel Upolu.

Der zentrale Höhenrücken selbst, von den Eingeborenen Toasivi (Rückgrat) genannt, beginnt im Westen bei Falealupo und endet im Osten etwas nördlich von dem Vorgebirge Tafua etwa bei Iva. Ein Dorf, das noch um ein geringes weiter nördlich liegt, hat den Namen Toasivi; wohl weil es den Eingeborenen als Ende des Toasivi genannten Höhenrückens gilt. Das westliche Drittel des Toasivi ist mit gut erhaltenen Vulkankegelchen besetzt und steigt von etwa 200 Meter bei Falealupo, 600 Meter südlich von Asau bis nahezu 1600 Meter Meereshöhe allmählich auf. Die Schlacken und Aschenkegel in der Höhe sowie die schwarzen Basaltlaven an der Küste sind bereits mit Vegetation bedeckt; aber die Ärmlichkeit dieser Vegetation sowie die gut erhaltenen Formen rühren nicht nur von der relativen Trockenheit dieses Teiles der Insel, sondern sicher auch von der Jugendlichkeit der Bildungen her. Der östlichste Kegel dieses Abschnittes des Toasivi wird von den Eingeborenen Mua oder auch Maugaafi genannt. Die Überlieferung der Eingeborenen sagt, daß von ihm die zum großen Teil noch völlig frischen Laven, die Aopo umschließen, ausgingen, und daß bei dieser Gelegenheit mehrere Dörfer der Nordküste verwüstet wurden. Von einem der besten Kenner der Sprache und der Überlieferungen der Eingeborenen, von Herrn W. v. Bülow, der seit nahezu vier Jahrzehnten in Matapoo auf Sawaii lebt, wird die Eruptionszeit etwa auf das Jahr 1800 geschätzt. Von Safune, wo eine große Quelle mit einem breiten Ästuar in die schöne von Korallenriffen geschützte Bucht mündet, führt ein schmaler Pfad über das Küstendorf Sasina, dann sanft ansteigend nach dem Inland-Dorf Letui. Bald hinter Letui verläßt der Pfad das üppige Kulturland und überschreitet den östlichen Arm der Maugaafilava. Die Oberfläche trägt zwar schon mancherlei Farnkräuter und auch kleinere Waldbäume, ist aber stellenweise auch noch kahl und zeigt überall die typischen Formen

der Fladenlava, die man in Hawaii Pahoehoe nennt. Dann folgt eine Strecke wohlhaltenen Waldes und Kulturland und das höchstgelegene Inland-Dorf Sawaiis, das sagenreiche Aopo.

Aopo selbst und das Land unterhalb Aopo ist wasserarm; die Eingeborenen pflegten in früheren Zeiten aus einem Wasserloch, Talilagi genannt, sich nach Regenfällen Wasser zu verschaffen. In neuerer Zeit helfen sie sich mit Wellblechdächern und eisernen Wasserkästen. Oberhalb Aopos steigt das Terrain steiler an; mit größerer Meereshöhe werden auch die Niederschlagsmengen bedeutender und man findet einige Bachbetten, die auch in der Trockenheit stets noch etwas Wasser führen. Die Bachbetten — von den Eingeborenen „Alia“ genannt, haben einen ganz eigentümlichen Charakter, der von allem, was wir aus Europa kennen, recht sehr abweicht — vielleicht mit Ausnahme einiger Bachläufe am Gehänge des Etna, die stellenweise einige Ähnlichkeit mit den Alia haben. Die Alia verdanken ihre Eigentümlichkeit dem jungvulkanischen Ursprung des Landes und dem tropischen Klima. Während an beiden Ufern der Alia eine nur geringe Schicht Verwitterungsboden einem hohen Wald genügende Nahrung gibt, ist im Talbett selbst die frische Oberfläche der Basaltlava freigelegt, und man kann meist auch noch die Fladenformen deutlich erkennen. Da die Lava viele Löcher und Spalten hat, ist mit Ausnahme einiger Wasserlöcher, die jedoch spärlich genug sind, oft auf weite Strecken nur wenig Wasser zu sehen. Aber unmittelbar nach starken Regengüssen schwellen manche Alia zu Wildbächen an. Dafür sprechen die Geröllmassen, die man an flacheren Stellen findet. Häufig sind solche Alia auch als Betten von neueren Lavaströmen benützt worden und man kann manchmal an etwas tiefer eingeschnittenen Stellen unter frischer Lava altes Bachgeröll sehen. Die Alia bilden relativ bequeme Straßen im Urwald, da man auf ihnen vordringen kann, ohne fortwährend Bäume fällen zu müssen. Leider ist aber ihr Lauf oft stark gewunden, manche nehmen plötzlich an irgend einer Spalte ein Ende, von wo der Wasserlauf unterirdisch seinen Fortgang nimmt, und häufig finden sich auch senkrechte Abbrüche, an denen man die Säulenstruktur der alten Basaltlaven schön sehen kann, die aber nicht immer ganz leicht zu überklettern sind. Auf dem Wege von Aopo nach Salailua befinden sich in 850 Meter und in 1247 Meter Höhe Schutzhütten, die die Eingeborenen am Rande solcher Alia errichtet haben, um von dort aus Schweine zu jagen. Etwas höher wird der Wald westlich des Weges spärlicher und Aschen und Schlacken treten auf. Westlich der Paßhöhe befindet sich der bereits erwähnte Maugaafi. Ein regelmäßiger, steiler Schlackenkegel, ca. 100 Meter hoch, umschließt einen stellenweise senk-

recht, durchschnittlich etwa mit  $60^\circ$  abfallenden Krater von siebzig Meter Tiefe. Die Form ist elliptisch, nach Westen gerichtet. Im Westen ist der Krater rand eingestürzt, nach Westen ist die Lava am Fuß des Berges ausgetreten und eine Strecke weit geflossen, bis sie sich nördlich nach Aopo umwandte, und ebenso ist auch der Lavatunnel gerichtet, der vom Boden des Kraters aus zugänglich ist. Vom Gipfel des Mugaafi sieht man nach Westen auf eine lange Reihe von kleinen Schlackenkegeln herab, die mehr oder minder hoch aber meistens dünn bewaldet sind. Nach Osten steigt die Insel noch höher auf; der Wald ist dichter und höher, aber auch hier haben wir unzählige kleine Eruptionshügel. Es ist durchaus nicht bequem, dem Rücken des Gebirges hier im zentralen Teil der Insel zu folgen. Am Fuß der einzelnen Kegel finden sich hier meistens alte Blocklavafelder, deren Oberfläche trotz des dichten Urwaldes außerordentlich uneben ist. Einen Begriff davon mag die Tatsache geben, daß ich bei einer Marschzeit von 7 Uhr morgens bis 5 Uhr nachmittags (mit nicht ganz zwei Stunden Ruhepausen) durchschnittlich nicht mehr als  $6\frac{1}{2}$  Kilometer Weglänge im Tage bewältigen konnte. Wenig östlich vom Mugaafi, aber vom Gipfel desselben nicht sichtbar, weil durch andere Kegel verdeckt, liegt das Eruptionsgebiet des Jahres 1902. Auf eine Entfernung von 1—2 Kilometer im Westen und Süden ist der Wald infolge der sauren Dämpfe abgestorben. Schwarz metallisch glänzende, glasige Basaltasche, äußerst leicht und porös, bedeckt den Boden auch in noch etwas weiterer Entfernung in der Richtung nach Westen. Von einem auf meiner Skizze mit der Höhenquote 1769 bezeichneten Hügel hat man einen guten Überblick über die Ausbruchsstellen. Unmittelbar nördlich sieht man den von Osten nach Westen langgestreckten größeren Eruptionshügel und weiter westlich den kleineren der beiden Kegel. Der größere ist 15 Meter höher und hat drei wohlausgebildete, längliche Krater, der kleinere zeigt zwei Hufeisenkrater. Eine westlich gerichtete Spalte, die von dem größeren Kegel ausging, zeigte am Abhang desselben bei meinem Besuch am 1. August 1907 eine tätige Fumarole mit Schwefelsublimationen. Beide Kegel haben nach Norden Lavaströme entsandt, deren Länge ich auf 1—2 Kilometer schätze. Außer der erwähnten Ostwestspalte finden sich mehrere parallele und einige dazu senkrechte Spalten. Unmittelbar südlich von dem kleineren Kegel befindet sich ein Einsturzkrater, dessen Wände den regelmäßigen Aufbau durch übereinander geschichtete Laven zeigen. Der Durchmesser dieses Kraters beträgt etwa 300 Meter und seine Tiefe schätzte ich auf 150 Meter. Sein Boden liegt beträchtlich tiefer als die Ausflußstelle der 1902-Lava aus den beiden Hufeisenkratern, und ist dünn bewaldet. Die Lava ist hier unmittelbar

neben dem älteren tieferen Krater in einem höheren Niveau aus einer Spalte ausgebrochen. Dieselbe Erscheinung wurde übrigens mehrfach am Kilauea auf Hawaii beobachtet, wo man die Lava aus der Wand des Kraters ausbrechen und in diesen hineinstürzen sah, sowie an der schmalen Scheidewand zwischen dem alten Kilaueakrater und dem Kilaueaikrater, wo 1868 die Lava ausbrach und von der Scheidewand aus in beide Krater hinabfloß. Östlich von dem eben beschriebenen Ausbruchsgebiet des Jahres 1902 beginnt der, meines Wissens früher noch nicht betretene, höchste Teil der Insel. Wie schon Reinecke (Peterm. Mitt. 1903, I, p. 8) bemerkt, haben selbst die als Jäger bekannten Einwohner des Dorfes Aopo eine große Scheu vor dem Betreten des unbekanntesten höchsten Teiles des Toasivi. Maßgebend scheint mir allerdings nicht die Furcht vor der vulkanischen Tätigkeit, sondern die Angst vor Wassermangel und Ausgehen des Proviantes bei ihnen zu sein. Sowohl die kleinen Schlackenkegel wie auch die Blocklava sind für Wasser sehr durchlässig, und trotz des erheblichen Regenfalles macht es wirklich etwas Schwierigkeit, Wasser zu finden. Dazu gestattet der äußerst üppige Urwald und die großen bewachsenen Blöcke der Lava nur ein sehr langsames Vorwärtkommen, wenn man den Weg erst suchen und durch Fällen von Bäumen freimachen muß. Das Terrain steigt nur langsam an und der Wald erlaubt selbst auf den kleinen Schlackenkegeln keine Fernsicht, ohne daß man erst eine Lichtung schlägt. Mehrfach glaubte ich bereits den höchsten Gipfel erreicht zu haben, bemerkte dann aber, daß andere benachbarte Hügel doch noch höher waren. Auf einem westöstlich gerichteten kleinen Hügel, der wohl den Rest eines alten Hufeisenkraters darstellt, zeigte sich endlich, daß alle benachbarten Hügel unter dem mittels Libelle kontrollierten Horizont blieben. Die Höhenmessung ergab, unter Berücksichtigung der Küstenbeobachtungen, 1858 Meter. Da der Berg bisher von Weißen nicht bestiegen war und auch sicher keinen samoanischen Namen hatte, — er ist von keinem Orte der Küste sichtbar, weil er auf dem plateauartigen Zentralteil der Insel zwischen vielen nahezu gleichhohen Hügeln liegt — gab ich ihm einen Namen und nannte ihn Hertha-Berg oder Mauga Hertha und ließ diesen Namen auch in einen größeren Baum einschneiden. Etwas südöstlich von dieser höchsten Erhebung befindet sich ein nach Südwesten offener Hufeisenkrater, von dessen 1819 Meter hohem Kraterrand man eine ziemlich umfassende Aussicht genießt. Man sieht, wie sowohl der Rücken der Insel wie auch die Abhänge mit einer Unzahl kleiner Kegelchen besetzt sind; die Ausbrüche haben eben stets einen neuen Ausweg gefunden und an ein und derselben Stelle nur kurze Zeit Aschen und Schlacken zutage gefördert; dann ist wohl die Lava am Fuß noch längere

Zeit ausgeflossen und schließlich ist solch kleiner Vulkan erloschen. Bei vielen Hügeln ist der Kraterrand auf der Seite des Lavaausflusses etwas niedriger, oder auch völlig eingestürzt und von der Lava fortgerissen, so daß ein Hufeisenkrater entstanden ist. Bemerkenswert ist die ziemlich gleichmäßige Größe dieser Bildungen; die Hügel messen durchschnittlich 50 Meter Höhe (30—100). Östlich von dem erwähnten kleinen Hufeisenkrater nehmen die Höhen allmählich ab. Die Bachbetten werden breiter und tiefer und der Wasserreichtum nimmt zusehends zu. Der von dem Amtmann in Matautu, Herrn Williams, 1907 freigelegte alte Samoanerweg von Matautu nach Tufu, „Ala sopo“ genannt, wurde von mir auf dem Südabhang des Toasivi in etwa 1463 Meter Höhe gekreuzt. Dieser Querweg führt von Matapoo durch fruchtbares Land nach der Plantage Olonono, dann durch Urwald, der 1905 infolge der Eruption des sogenannten Matavanukraters unter sauren Dämpfen gelitten hat und größtenteils abgestorben ist, an dem Maugaloa (circa 1000 Meter hoch) vorbei nach dem Mataaga (so nennen die Samoaner jeden Aussichtspunkt), der einen guten Ausblick nach dem Matavanukrater (Ausbruch 1905) und der Nordostküste gewährt, dann in einer Meereshöhe von etwa 1500 Meter über den breiten Rücken des Toasivi hinüber und auf der Südseite an den tiefen im Oberlauf stellenweise 100—150 Meter eingeschnittenen Bachbetten von Tufu und Sili hinab nach einem kleinen Lagerplatz am Tufufluß, von wo ein Zweig des Weges nach Tufu und ein anderer nach Sili abgeht. Das Querprofil der Insel entspricht, wie aus den beigegebenen Zeichnungen ersichtlich ist, in seinen Neigungswinkeln durchaus einem flachen Basaltdom; dünnflüssige Laven haben die Insel aufgebaut, und Schlacken und Aschen haben nur einen sehr geringen Teil dazu beigetragen. Verfolgen wir den Toasivi noch weiter, so kommen wir in ein Gebiet, das reich an Wasserläufen und stark zerklüftet ist. Der auch von Herrn Williams zugänglich gemachte Mauga Pule (1225 Meter) mit seiner schönen Aussicht nach Norden und Osten liegt im Quellgebiet der Alia Maliolio, die mit ihren Paralleltälern nach Nordosten sich bis Samalaiulu am Rand der 1905 Lava erstreckt.

Allmählich senkt sich der flache Höhenrücken bis auf 8—900 Meter herab, und unter den zahlreichen kleinen parasitischen Hügeln ragt kaum einer so hoch hervor, daß man ihn im Walde auf einige Entfernung bemerken könnte, bevor man an seinem Fuß steht. Eine Ausnahme davon macht der Toiavea, der von etwas größeren Dimensionen ist. Sein etwa  $40^{\circ}$  steiler Kegel ist aus Schlacken und Lava, wesentlich aus letzterer aufgebaut und ragt etwa 200 Meter über seine westliche und östliche Umgebung, aber über 300 Meter über das nördliche Vorland hinaus. Der Kraterrand ist im Norden tiefer,

aber auch im Westen und im Osten etwas eingestürzt, so daß der Berg eine eigentümlich abgebrochene und von Nordwesten und Südosten gesehen zweigipflige Form hat. Mit seiner nur geringen Meereshöhe von 1065 Metern ist er von der Küste meist sichtbar — auch wenn die höheren Teile des Toasivi, wie oft, im Nebel stecken — und er bildet ein Merkzeichen für die samoanischen Schiffer. Es ist dies der Berg, den Dr. Reinecke auch vom Mataulanu-See gesehen hat und nach dem er, einer alten Karte folgend, irrtümlicherweise den höchsten Berg der Insel nennen wollte — den er übrigens nicht erreicht und nicht gemessen hat. Dem höchsten Berg einen Namen zu geben, hatten die Eingeborenen keinerlei Interesse, — läßt sich doch, wie wir gesehen haben, der höchste Punkt nur durch Messung finden.

Am Westabhang des Toiavea befinden sich einige tiefe klaffende Spalten in der Lava des Berges sowie auch zwei Lavatunnel. Nicht ganz zwei Kilometer südlich vom Toiavea befindet sich ein kleiner wohlerhaltener Krater mit einem runden See, dem Mataulanu-See, im Kraterboden. Der Kraterwall besteht aus stark verwitterten Aschen und Schlacken, die infolge der Verwitterung wasserundurchlässig wurden, und ragt etwa 40 Meter über den Seeboden und etwas mehr über das umliegende Waldland empor. Weiter nach Osten folgen noch viele größere und kleinere Kegel. Bemerkenswert sind darunter der Matofà und der Olomanu. Von dem Mataulanu-See führt ein ziemlich gangbarer Weg nach Tapueleele, einem Inlanddorf, das etwa 6 Kilometer von der Küste entfernt in 160 Meter Höhe liegt. Tapueleele ist bekannt durch seine Höhlen, die alle einem und demselben alten Lavastrom angehören und einen Lavatunnel bilden. Der Tunnel ist an vielen Stellen eingestürzt und man kann ihn einige Kilometer weit verfolgen. Stellenweise findet man dabei zwei übereinandergelegene Höhlen. Solche Lavatunnel sind in Sawaii und Upolu ebenso wie auf den Hawaiischen Inseln, wo sie oft beschrieben wurden, eine überaus häufige Erscheinung. Sie entstehen dadurch, daß die Decke eines Lavastroms erkaltet, während unter der Oberfläche die Lava noch fließt; wird der Abfluß dann stärker wie der Zufluß, so bildet sich ein Hohlraum zwischen der fließenden Lava und dem Gewölbe der erstarrten Decke. An der Innenseite dieses Gewölbes tritt infolge der strahlenden Hitze von unten oft eine zweite Anschmelzung der bereits erstarrten Lava ein, und manchmal bilden sich dabei die bereits von Dana beschriebenen Stalactiten. Als charakteristisch für solche Stalactiten wie überhaupt für sekundäre Schmelzkrusten des Basaltes habe ich verschiedentlich die bekannte federförmige Skelettbildung des Magnetites gefunden. Wesentlich bei der Entstehung der Lavatunnel sind oftmals die Eruptionsspalten, wenn sie den unterirdischen Abfluß der Lava ermöglichen. So hat

sich im Januar 1907 an der Westseite des Maunaloa auf Hawaii eine lange Spalte gebildet, aus der die Lava an verschiedenen Stellen ausfloß; die Lava hat die Spalte als ihr Bett benützt, ist übergetreten, dann wieder zurückgesunken und hat zum Teil der Spalte folgende Tunnelbildungen zurückgelassen.

Unter den Eruptionskegeln südlich des eigentlichen Toasivi verdient noch der Mafana besondere Beachtung. Er liegt zwischen dem Mataulanu-See und der Bucht von Palauli und steigt aus einem etwa 600 Meter hohen Vorland bis zu 971 Meter Höhe auf. Der runde, sehr ebene und schwach sumpfige Kraterboden hat etwa 350 Meter Durchmesser und liegt 80—90 Meter unter dem Kraterand. Der Berg ist dicht bewaldet, ebenso die nach Nordost ausgeflossene Blocklava.

Große ziemlich frische Lavafelder an der Küste bei Taga und zwischen Nuu und Tufu verdanken anscheinend ihre Entstehung einigen kleineren Kegelchen, die man von der Küste aus sehen kann. Die südöstliche Halbinsel Tafua trägt eine kleine gleichnamige Vulkangruppe von etwa 200 Meter Höhe, die mehrere schlecht erhaltene Krater und einen sehr wohl konservierten trägt. Die Außenabhänge bestehen hier aus einer Art Palagonittuff, der anscheinend submarin gebildet wurde. In dem Krater selbst sieht man aber, daß der Berg nicht nur aus diesem schön geschichteten Tuff besteht. Die Wände des Kraters fallen nämlich senkrecht ab und zeigen ein mauerartiges Aussehen, da dünne Lavaschichten von 10—30 Zentimeter Dicke übereinandergelagert sind. Am Fuß der etwa 40 Meter hohen senkrechten Wand, an der nur an einer Stelle ein Kamin einen bequemen Abstieg erlaubt, befindet sich dann ein etwa 30° geneigter Schutt und Geröllabhang. Auf dem Boden sieht man wieder anstehende Lava und kann in einen Lavatunnel einsteigen; dort befindet man sich nur wenige Meter über Meeresniveau.

Vom Tafua aus hat anscheinend ein Lavaerguß nach Nordosten stattgefunden; wenigstens befindet sich auf dieser Seite ein stark bewaldetes, aber noch nicht kulturfähiges Lavafeld, das sich mit einem anderen von Nordwesten herkommenden — vielleicht dem Omaò entstammenden — Lavafeld vereinigt.

Auf der Nordseite des Toasivi haben wir von Westen nach Osten das große Lavafeld „O le Mu“, das, wie bereits erwähnt, dem Maugaafi entstammt und etwas über 100 Jahre alt ist, dann — wenn wir die kleinen Strömchen von 1902 außer acht lassen — das neue Lavafeld von Saleaula, das seit 1905 durch den Ausbruch des Matavanukraters entstanden ist und anscheinend noch wächst, und südöstlich davon das große Lavafeld von Lealatele. Das Lealatele Lavafeld muß ziemlich jungen Datums sein, denn trotz der für Regenfall günstigen Lage und der für Abschwemmung des Erdreiches ungünstigen

geringen Neigung ist es nur mit wenig Verwitterungserde bedeckt. Allerdings trägt es bereits Hochwald. Samoanische Überlieferungen über diesen Ausbruch sind mir nicht bekannt geworden.

Die Reihenfolge der jüngeren Eruptionen auf der Insel Sawaii dürfte, soweit sich aus der Beschaffenheit der Lava und ihrer Verwitterung und aus Überlieferungen schließen läßt, folgende sein:

1. Lealatele Lava (keinerlei Überlieferung);
2. Tufu Lava } (einige alte samoanische Gesänge sollen sich auf diese
3. Taga Lava } beiden Eruptionen beziehen);
4. Aopo Lava (v. Bülow schätzt das Alter nach den Überlieferungen auf etwas über 100 Jahre);
5. Lava von 1902;
6. Lava von 1905—1909 (fließt noch).

Vollständig dürfte diese Aufzählung wohl nicht sein, insofern als wohl manche kleinere Eruption im Innern der Insel seit Entstehung der Lealatele Lava stattgefunden haben mag; Laven und Schlacken von ebenso frischem Aussehen finden sich in kleinerer Ausdehnung mehrfach. Doch genügt das wenigstens die wesentlichen jüngeren Ausbrüche bringende Verzeichnis, um zu zeigen, daß das Wandern des Eruptionszentrums anscheinend keiner erkennbaren Regel folgte.

Die Ereignisse der jüngsten Eruption von 1905 sind verschiedentlich beschrieben worden und die Beschreibungen sind zum Teil von Dr. Sapper in der Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde 1906 zusammengefaßt worden.

Ich selbst habe den kleinen Vulkan zweimal am 12. Juli und am 21. bis 23. August 1907 besucht und seine Lavafelder der Länge und Breite nach noch öfter gekreuzt. Über die Topographie des Terrains vor dem Ausbruch im Jahre 1905 ist leider nicht viel Genaues bekannt. Südlich der Plantage Olonono und südlich des Vulkanes streicht eine kleine Hügelkette etwa parallel mit der Hauptrichtung des Toasivi von Westen nach Osten. Wo sich der Nordabhang dieser Kette mit der Fortsetzung des etwa 20 Meter hohen Abhanges schneidet, der das breite Safunetal östlich begrenzt, befindet sich jetzt der kleine Eruptionskegel. Etwa  $\frac{3}{4}$  Kilometer südlich von ihm verschwindet ein altes Tal unter der neuen Lava, die von dem Krater aus nach Süden geflossen ist. Das Niveau ist an dieser Stelle etwa 660 Meter. Der Krater liegt in der Richtung des Talbettes und man kann schätzen, daß das Niveau der Ausbruchsstelle früher etwa 600 Meter oder etwas weniger war. Es soll das Tal dort eine Stelle stärkeren Gefälles gehabt haben — wofür auch der Ortsname Mata-

vanu spricht, der aus mata = Auge und vanu = Schlucht zusammengesetzt ist und das Ende einer Schlucht bezeichnet. Der Rand des Kraters war etwas über 700 Meter hoch; es sind also durch Aschen, Schlacken und Laven über hundert Meter aufgeschüttet worden. Die Höhe des Kegels beträgt jetzt, vom Südabhang gemessen, nur 40 Meter, am Nordabhang etwa doppelt so viel. Am Westabhang befindet sich der Rest eines alten Kraterrandes, aus dem man schließen muß, daß sich im Laufe der Eruption der Krater um etwa 200 Meter nach Osten verschoben hat oder daß, wie ich eher anzunehmen geneigt bin, zwei nahegelegene Eruptionspunkte miteinander verschmolzen sind.

Der Krater war bei meinem Besuch — schätzungsweise — 300 Meter lang und 250 breit. Nach Innen fiel er 50—60° steil ein, und in einer Tiefe von 35—40 Meter unter dem Südrand des Kraters befand sich ein See von geschmolzener Lava. Die Lava war in heftiger Bewegung, nahe der Mitte schien sie aus der Tiefe aufzusteigen; wenigstens befand sich dort ein deutlicher Strudel. Rotglühende, aber noch weiche zähe Schollen schwammen auf der hellgelb glühenden Masse. Nach der Leuchtkraft der Schmelzmasse schätze ich die Temperatur des dünnflüssigen Teils auf 1700—1800°. (Ich habe öfter Schmelzversuche im Laboratorium gemacht.) Eine nicht unerhebliche Menge stark saurer Dämpfe — sie rochen wesentlich nach Salzsäure — stieg aus der Lava selbst auf und bildete in geringer Höhe über dem Berge zusammen mit der noch größeren Menge der aus den am Nordhang gelegenen Fumarolen aufsteigenden Dämpfe eine Wolke, die bei gutem Wetter Nachts auch von der Nachbarinsel Upolu aus 80—100 Kilometer Entfernung zu sehen war, und die durch Reflektion des vom Lavasee ausgehenden Lichtes mir Nachts das Lesen in  $\frac{3}{4}$  Kilometer Entfernung gestattete. Die Lava floß aus dem See gleichzeitig nach zwei Richtungen aus durch tunnelartige Höhlungen am Rande des Walles. Zwei solche Öffnungen befanden sich im Nordosten und eine größere im Süden. Etwa ein Dutzend in unregelmäßigen Abständen aufsteigende Fumarolen bezeichneten deutlich den Lauf der nach Nordosten unterirdisch abfließenden Lava, und eine große Rauchwolke an der Küste markierte ihre Mündung ins Meer. Über den Verbleib der nach Süden — also nach dem gebirgigen Inselinneren zu — abfließenden Lava ist nichts bekannt; denkbar wäre, daß sich ihr Lauf unter der Oberfläche irgendwo umbiegt und mit der nach der Küste fließenden Lava vereinigt, doch habe ich dafür keine Anhaltspunkte finden können, und es scheint, als ob die Lava der Eruptionsspalte folgend ihre südliche Richtung unterirdisch beibehält, aber in so großer Tiefe, daß keine Fumarolen ihren Lauf verraten können. Wenn dies der Fall ist, so müssen wohl die Hohlräume, in die sie sich ergießt,

einmal ausgefüllt werden<sup>1)</sup> und dann der Abfluß nach Norden wachsen, sofern der Zufluß der aufsteigenden Lava nicht stark abnimmt. Bemerkenswert ist die große Geschwindigkeit des Lavaabflusses durch diese Tunnel. Sie schien 10—15 Meter pro Sekunde zu betragen.

Eine Messung war mir leider nicht möglich; in den Abfluß hineingerissene Schollen tauchten nahezu sofort unter. Aber auch eine ungenaue Schätzung ist besser als gar keine Angabe. Das Auftreten von Flammen, wie ich sie unter ähnlichen Umständen am Kilauea in Hawaii beobachten konnte, habe ich, trotzdem ich in zwei Nächten am Kraterrand stand, nicht feststellen können; möglich wäre es, daß verhältnismäßig schwach leuchtende Flammen wegen der großen Helligkeit der Lava unsichtbar blieben und daß man bei stärkerer Überkrustung des Sees Gelegenheit hätte, Flammen zu beobachten. Auch die Beobachtung mit einem Handspektroskop, wie es in Bessemerwerken benützt wird, ergab nur ein kontinuierliches sehr helles Spektrum ohne helle oder dunkle Linien. Die von manchen Besuchern beschriebenen hellen Flammen sind sicher nur die durch Gase aus dem See heraufgeworfenen Fontänen von ganz heißer dünnflüssiger Lava. Das Verspritzen der Lava durch die Gase gibt übrigens auch hier zur Bildung von feinen strohgelben Glashaaren Anlaß, die, soweit sie über den Kraterrand emporgeweht werden und dann zwischen Steinen hängen bleiben, an den oberen Teilen des Kegels gesammelt werden können. Vom Kilauea auf Hawaii sind diese Glasfäden als Peles Haar bekannt. Außer diesen Haaren und minimalen Mengen feiner schwarzglänzender Asche — auch durch Verspritzen der Lava gebildet — gab der Vulkan zur Zeit meines Besuches keinerlei loses Material von sich. Zu Beginn der Eruption muß das anders gewesen sein; das beweisen die Beschreibungen verschiedener Augenzeugen, die Zusammensetzung des Kegels aus Lava, Schlacken und Asche, die sich etwa 7 Kilometer nach Westen erstreckende Schicht frischer glasiger Asche, die man in dem durch Säuredämpfe getöteten Walde findet, sowie verhältnismäßig spärliche größere Blöcke und Bomben in der Umgebung des Kegels.

Die ausfließende Lava scheint bei Beginn der Eruption wesentlich Blocklava gewesen zu sein; die nach Nordwesten übergeflossene Blocklava wurde aber wieder durch Fladenlava zum Teil überdeckt. Später hat es bald Blocklava bald Fladenlava gegeben, aber die Fladenlava überwiegt, besonders im unteren Teile des Lavafeldes nahe der Küste. Dort führt ein ganz gut gangbarer Weg über den etwa 10 Kilometer breiten Lavastrom vom Samalaiulu

<sup>1)</sup> Vielleicht ist dies inzwischen geschehen. Der Abfluß nach dem Meer soll 1908 aufgenommen haben.

nach Matautu. Obwohl die Lava dauernd im Fließen war, besteht dieser Weg schon seit 1906 — genau habe ich leider nicht in Erfahrung gebracht seit wann.

Die Lava hat im Laufe der Zeit den Punkt ihrer Mündung ins Meer öfters verlegt und fließt dabei immer unterhalb der dicken bereits erstarrten Kruste. Hin und wieder hat sie diese Decke offenbar gehoben; manchmal eine glatte Fladenlavadecke nachträglich zerbrochen und in ein wirres Blockgewirr verwandelt; sie ist auch in Form kleiner Strömchen übergeflossen, manchmal als Fladenlava und manchmal als Blocklava. An verschiedenen Stellen sind auch Lavatunnel zugänglich, die die Lava als unterirdischen Lauf benützt, aber wieder verlassen hat. Während der Zeit meiner Anwesenheit hat die Lava aber ihren unterirdischen Lauf nicht gewechselt, und nach mir gemachten Mitteilungen bestand dieser Lauf bereits seit über einem halben Jahr. Man konnte den Lauf gut verfolgen; am Nordostabhange des Eruptionskegels befand sich ein ziemlich tiefer Einbruch der Lavadecke, an dem man das Geräusch der fließenden Lava hören konnte und aus dem eine ungemein starke Dampfmenge aufstieg. Keine zweihundert Meter entfernt war ein zweiter kleinerer Einbruch mit Fumarole und so fort, in unregelmäßigen Zwischenräumen, aber in nahezu gradliniger Anordnung. Bei einigen dieser Einbrüche war es auch möglich, glühendes Gestein zu sehen und bei einem habe ich die hellgelbleuchtende Oberfläche der Lava selbst in der Tiefe — 20 Meter? — sehen können.

Die Mündung des Lavastroms ins Meer gab zu sehr interessanten Erscheinungen Anlaß. Die Lava hatte auf eine Erstreckung von etwa 10 Kilometer eine neue ungefähr 5 Meter hohe Steilküste gebildet; an dieser Steilküste war ein ziemlich regelmäßig geschichteter Aufbau der neuen Gesteinsmasse sichtbar, der sich durch das Über- und Untereinanderfließen der Laven und die Bildung mehrfacher Abkühlungskrusten erklärt. Auch kleinere Hohlräume zwischen den Lavaschichten kommen vor. An dem Mündungspunkt zur Zeit meines Besuches floß nun die Lava anscheinend größtenteils bereits unter Meeresniveau aus dieser Steilküste aus. Dafür sprach ein langer heißer Streifen Meerwasser, der sich nach Osten umbiegend vielleicht 3 Kilometer hinaus erstreckte. Beim Befahren der Küste mit dem Boot mußte ich diesen Streifen heißen Wassers, in dem das Meerwasser zum Teil anscheinend wirklich kochte, natürlich vermeiden. Immerhin kam ich so nahe heran, daß man die Hand aus dem heißen Wasser schnell zurückziehen mußte (50—60°) und daß es im Interesse der Erhaltung des Bootes nötig war, wieder ins kühlere Wasser zu fahren.

Trotzdem war es mir möglich, von Westen her bis dicht an die Mündungsstelle heranzufahren, da dort das Wasser kühler war. Man konnte dort sehen,

daß eine geringe Menge Lava auch von einigen Metern Höhe aus der Steilwand hervorquellend sich ins Meer stürzte. Aus dem Meere selbst aber stiegen mit unregelmäßigen kleinen Eruptionen eine Menge Dampf und größere und kleinere Schlacken auf, die durchschnittlich etwa 10, ausnahmsweise aber auch bis über 150 Meter hoch in die Luft geworfen wurden und einen kleinen hufeisenförmigen Aschenkrater auf den Rand der Lava aufgeschüttet hatten. Bei Nacht gewährten die fließende Lava, die Fontänen glühender Schlacken und der hell erleuchtete Dampf einen prächtigen Anblick. Die weithin sichtbare Dampfwolke wurde von mir an verschiedenen Tagen zu 1500—4000 Meter Höhe geschätzt. Sie bildete bei gutem Wetter die bekannten blumenkohlartigen Formen vulkanischer Dampfwolken und war stets bedeutend größer und höher als die Wolke des Hauptkraters. Die Schlacken waren glasig, schwarzglänzend und sehr porös und leicht.

Ganz ähnliche Aschen und Schlacken fand man wenig weiter östlich, an der Stelle, wo die Lava zuletzt vor Schaffung ihrer neuen Mündungsstelle ins Meer geflossen war. Der Schlackenhügel war dort etwa 15 Meter hoch.

Ein wenig landeinwärts von dieser Stelle zwischen dem erwähnten Fußweg und der Küste befand sich auf dem Lavafeld eine andere kraterartige Bildung; in einem Kreis von 50 Meter Durchmesser war die dort  $\frac{1}{2}$ —1 Meter starke Kruste der Fladenlava anscheinend durch eine Explosion aufgebrochen und zu einem 4—5 Meter hohen Wall von großen Blöcken aufgetürmt worden.

Östlich des neugebildeten Lavafeldes am Fuß der Steilküste von Lealatele findet man an verschiedenen Stellen Ablagerungen von durch Meeresströmungen dorthin verfrachteten frischen Schlacken, die derselben Art sind wie die, welche sich jetzt an der Mündungsstelle der Lava bilden. Auch auf dem Riff im Nordwesten hat sich eine schwarze Schlacken- und Sandbank aus demselben Material gebildet und war im Wachsen nach Westen zu begriffen. Unter Berücksichtigung der großen Lavamenge, die ich oben am Krater nach Nordosten ausfließen sah, war es aber evident, daß die sichtbaren Neubildungen an der Küste nur einen ganz verschwindend kleinen Prozentsatz der Lava verbrauchten und daß die große Masse ihren Weg ins Meer fand — ohne jede andere Spur als den etwa 3 Kilometer langen heißen Wasserstreifen, der wohl dem Lauf des unterseeischen Lavastroms entsprach. Vielleicht sind auch kleine lokale Seebeben mit großen, aber ganz lokalen Flutwellen an diesem Teil der Küste auf diesen unterseeischen Lavastrom zurückzuführen. Im Juni und Juli 1907 hatten einige Boote dadurch Schaden gelitten und meine Leute waren deswegen sehr in Angst; ich selbst konnte aber keines dieser Phänomene beobachten. Vielleicht hat es sich um Einschließen von Wasserdampf

unter der Lavadecke und plötzliche Explosion desselben unter dem Meeresspiegel gehandelt.

Da die Lava im unteren Teil ihres Laufes altes Kulturland verheert hat, so sind ihr namentlich viele Kokospalmen zum Opfer gefallen. An Stellen, wo sich die Lava in einem Sack von bereits festen Schlacken versteckt vor-schob, sind die Palmen einfach umgerissen worden; war sie dünnflüssig genug, so umfloß sie aber die Bäume, und es blieben an manchen Stellen die Bäume sogar dabei am Leben. Öfter wurde ihr Stamm aber durchgebrannt und stellenweise verkohlte er, einen tiefen Hohlzylinder in der Lava hinterlassend, an dessen Innenwänden man saubere Abdrücke der Holzkohlenstruktur in der Lava erhalten sehen kann. Mehrfach ist die Lava beim Überfließen eines Tales in dieses buchtartig stromaufwärts hineingeflossen, so besonders auch bei Samalaiulu. Derartige, durch präexistierende Talbildungen verursachte Zungen und Buchten am Rande eines Lavastroms hat man übrigens auch sehr schön am oberen Teil des Tercigno-Lavastroms beim Vesuv 1906 beobachten können.

Über die Menge der Lava kann man sich schwer einen Begriff machen; das neue Lavafeld ist etwa 14 Kilometer lang und zwischen zwei und zehn Kilometer breit; welche Mächtigkeit aber die neue Lava hat, ist mangels genauer Kenntnis des früheren Niveaus nicht zu sagen; sie schwankt sicher zwischen über hundert und einem halben Meter.

Außerdem ist aber in Betracht zu ziehen, daß die Masse der im Meer versunkenen Lava ein Vielfaches der uns sichtbar gebliebenen ist.

Ehe wir uns den anderen Inseln zuwenden, wäre zu erörtern, wieweit sich aus den Beobachtungen Schlüsse über den tektonischen Bau der Insel machen lassen. Als wesentliches ergibt sich dabei folgendes:

Ein Zentralvulkan, wie auf vielen anderen ozeanischen Vulkaninseln, existiert nicht; ebensowenig eine Gruppe von einigen unabhängigen Zentralvulkanen, wie z. B. auf Hawaii mit seinen vier Haupteruptionszentren, Maui und Oahu mit seinen zwei Bergen. Dagegen existiert anstatt eines Hauptschlotes eine Hauptspalte, die von Falealupo über den Toasivi bis zum Toiavea reicht, sich dort gabelt und einerseits, wenig nach Norden abweichend, südlich von Tapueleele an die Küste reicht, andererseits stärker nach Süden abweichend über Mafana und Tafua sich nach den übrigen Inseln der Gruppe fortsetzt. Außer diesen Linien von unzweifelhafter tektonischer Bedeutung scheint aber auch eine Linie, die wir von einem Punkt zwischen Safune und Matapoo an dem neuen Vulkan vorbei zum Maugaloa und von dort zu der Lava von Taga ziehen können, eine Bedeutung zu haben. Wie oben erwähnt, befindet sich am Ostrand des Safunetals an dieser Linie anscheinend eine Verwerfung mit

Absinkung des westlichen Teiles. Auch entsprechen die Halbinseln von Matautu und Taga ungefähr dieser Linie. An dem Krater von 1902 waren außer der neuen Ostwestspalte auch kleinere Nordsüdspalten zu sehen; ebenso befinden sich westlich des Toiavea einige ältere Nordsüdspalten.

Hiernach gewinnt man den Eindruck, daß auf Sawaii eine Tendenz zur Bildung von Spalten in der Richtung des Toiasivi und senkrecht dazu vorliegt. Wie wir später sehen werden, findet das Gleiche auch auf Tutuila statt.

#### Apolima.

Etwa halbwegs zwischen Sawaii und Upolu liegt die kleine Insel Apolima, die mit ihrem steilen Profil an das Vorgebirge Tafua erinnert. Bei näherer Besichtigung besteht sie auch tatsächlich aus einem ähnlichen braunen Tuff. Sie bildet, wie die kleine Kartenskizze zeigt, einen einzigen, nach Norden offenen Kraterwall; der Kraterboden ist nur wenige Meter (6—14) höher als das Meeresniveau und senkt sich sanft nach Norden, wo das Meer in einer kleinen nach außen durch ein Korallenriff abgeschlossenen Bucht in das Innere des Walles etwas eintritt.

Die Innenhänge des Walles sind 30—40° steil, die Außenabhänge aber erheblich steiler (etwa 60°). Lavaströme habe ich nirgends hervortreten sehen; vermutlich befindet sich unter dem Meeresspiegel ein Lavaerguß auf der Nordseite der Insel, da auf dieser Seite der Wall eingestürzt ist. Bei der Bildung des braunen kompakten Tuffes hat das Meereswasser sicher eine Rolle gespielt; an der Nordostecke des Außenwalles fand ich Korallen und Muschelreste im Tuff. Ich vermute, daß die Insel, ebenso wie der Tafuaberg, ursprünglich submarin gebildet wurden. In dem Tuff finden sich ziemlich häufig Einsprenglinge meist recht massiver, seltener poröser, Lavablöcke.

Die Insel besitzt trotz ihrer Kleinheit infolge der dichten Beschaffenheit des Tuffes ständige Quellen und sogar einen kleinen Bach, der den Kraterboden von Süd nach Nord durchfließt.

#### Manono.

Die Insel Manono ist gänzlich anderer Art; sie besteht nicht aus Tuff, sondern nur aus Lava. Die höchste Erhebung von etwa 70 Metern liegt nahezu in der Mitte; dort befinden sich aber, ebenso wie auch sonst auf der Insel, keine deutlichen Spuren eines wirklichen Kraters. Im Westen der Insel — einige hundert Meter westlich des Weges von Salua nach Apai — findet man zahlreiche Schlacken. Überall an der Küste sieht man, soweit nicht rezente Korallenbildungen und Meeressand vorkommen, die durch die Wellen von der Verwitterungskruste befreite schwarze Basaltlava.

Auf dem westlich vorgelagerten Felsen Nulopa kann man in einem kleinen Basalttunnel, der sich im Meeresniveau befindet, einige Meter hineingehen. Die kleine Höhle ist aber durch den Wellenschlag stark verändert und zeigt nur undeutlich ihren Ursprung aus einem Lavatunnel. Die ganze Insel Manono kann man als einen flachen Basaltdom bezeichnen, der sich durch Lavaerguß unter nur unwesentlicher Beteiligung explosiver Erscheinungen gebildet hat. Im Charakter des Gesteins entspricht sie anscheinend genau der Ostspitze der Insel Upolu, von der sie nur wenige Kilometer entfernt und durch nur flaches Meer getrennt ist.

### Upolu.

Die Insel Upolu besteht ebenso wie Sawaii wesentlich aus einem einzigen langgestreckten Höhenrücken. Das wird hier um so deutlicher, als bei gleicher Länge die Insel nur halb so breit ist wie Sawaii. Diese geringere Breite hängt mit der geringeren Höhe zusammen — der Rücken dürfte 700 bis beinahe 1000 Meter hoch sein —, und da die Neigungswinkel beinahe gleich sind, so resultiert bei halber Höhe auch die halbe Breite.

Die vulkanische Tätigkeit ist auf Upolu seit geraumer Zeit erloschen; man sieht zwar besonders in dem etwas jüngeren westlichen Teil der Insel noch eine Reihe mehr oder minder gut erhaltener Eruptionskegel, und die Laven machen an den Küsten oft noch einen recht frischen Eindruck, aber es fehlt jegliche Überlieferung über vulkanische Ausbrüche, und überall, wo nicht die Brandung der See oder die Erosion der Bäche das Gestein bloßgelegt haben, findet man eine dichte Vegetation. Immerhin sind die Laven auch unter der Walddecke oft noch frisch genug, um die Fladenstruktur oder die kantigen Blöcke der Oberfläche erkennen zu lassen, je nachdem sie als Fladenlava oder als Blocklava einst ausflossen. Auch finden sich östlich von Siumu und angeblich auch an anderen Stellen noch wohlerhaltene Lavatunnel. In den flacheren Teilen finden sich ausgedehnte Flächen, wo die Laven nicht nur mit einer Verwitterungsdecke sondern auch mit von den höheren Teilen der Inseln heruntergebrachtem Schwemmland überdeckt sind. An diesem oft tiefgründigen fruchtbaren Boden haben anscheinend auch die Aschenfälle der Vulkanausbrüche einen wesentlichen Anteil, so namentlich im Westen bei Muli-fanua, bei Magia und an anderen Orten. Trotzdem treten alle diese sedimentären Bildungen, wenn sie auch hier mehr Bedeutung haben als auf Sawaii, gegen die Laven, aus denen die Insel aufgebaut ist, zurück. Zu den sedimentären Bildungen gehören auch die Korallenriffe der Küsten, die auf Upolu eine größere Bedeutung haben als auf Sawaii. Frische Laven, die bis ins

Meer hinausgeflossen sind, verhindern eben die Ansiedlung der Korallen und haben außerdem infolge der vertikalen Kontraktionsspalten der basaltischen Lava die Neigung, senkrecht abzubrechen und eine Steilküste zu bilden. Eine solche Steilküste hat sich z. B. schon an der neuen Lava von 1905 auf Sawaii gebildet. Sawaii, die junge Vulkaninsel, hat daher wesentlich eine Steilküste und verhältnismäßig wenig Korallenriffe vorgelagert, Upolu aber ist nahezu von Korallenriffen umgeben und besitzt nahe der Küste ein ausgedehntes flaches Vorland. Auch Korallen und Muschelsand am Strand, die sich auch auf Sawaii finden, haben auf Upolu eine größere Ausdehnung und Mächtigkeit. Der Wind hat solchen weißen Sand oft weit ins Land hineingeweht, und man darf aus solchen Sanden nicht etwa auf eine Hebung der Insel schließen; ebensowenig darf man das tun auf Grund von im Inland gefundenen Korallen und Muscheln. Die Eingeborenen gebrauchen nämlich gebrannten Kalk zum Färben ihrer Haare und belegen auch gerne das Innere ihrer Häuser und hin und wieder Dorfwege mit weißem Korallengeröll, das sie am Strande in Körben sammeln. Aber selbst im dichtesten Urwald, an Stellen, die die Eingeborenen nicht besuchen, findet man oft genug Muscheln und namentlich Schneckengehäuse, die von den Einsiedlerkrabben verschleppt sind.

Mir ist auf der Insel Upolu überhaupt kein Zeichen von einer bedeutenderen Hebung bekannt geworden; im Gegenteil scheinen mir die von Sandbarren abgeschlossenen, aber doch ziemlich tiefen Aestuarie der Bäche im Osten der Insel eher für eine unbedeutende Senkung zu sprechen.

Mit dem älteren Charakter der Insel hängt auch die stärkere Erosion und der größere Wasserreichtum zusammen. Die anfangs porösen Laven sind durch die Verwitterung allmählich wasserundurchlässig geworden; in einem lateritähnlichen oder auch tonigen Boden liegen die Reste der alten Lava oft nur als rundliche Blöcke, deren Oberfläche sich zwiebelschalenförmig ablöst. Es versickert deshalb bei weitem nicht so viel Regenwasser wie in den jungen Vulkangebieten; die Bäche haben größtenteils dauernd Wasser und sind oft tief eingeschnitten. Diese tiefen Schluchten zeigen gelegentlich das Auftreten von Eruptivgängen. Das Gestein derselben ist meist unverkennbar gewöhnlicher Feldspatbasalt mit mehr oder minder reichlichem Olivin — geradeso wie die Laven, von denen sich die Gänge nur durch das Zurücktreten der Gasporen unterscheiden. Ein etwas abweichendes Gang-Gestein (Nephelinbasanit) fand ich südöstlich von Apia, bei der prähistorischen Ruine eines Steinhauses, das *fale o le fee* genannt wird. An dem gleichen Punkt finden sich große Blöcke von Kalksinter sowie auch kieselige Sinterbildungen. Der Kalksinter hat zu dem Namen *fale o le fee*, auf Deutsch Polypenhaus, Anlaß gegeben.

Ein großer Octopus soll in alten Zeiten dort gehaust haben und sich die ihm lieben hellen Korallenkalkblöcke — von drei und fünf Meter Durchmesser — vom Meer heraufgeschleppt haben. Diese Kalkblöcke sind aber kein Korallenkalk, sondern Sinterbildungen, die vermutlich einer Mineralquelle ihr Dasein verdanken. Ich habe diese Quelle, die möglicherweise noch existiert, nicht gefunden, halte es aber für wünschenswert, daß danach gesucht wird. Die Blöcke, die ich gesehen habe, sind in einem Bachtale herabgekommen. Wenn ich nicht irre, so hat man schon einmal diesen „Korallenkalk“, der sich einige hundert Meter hoch hier findet, als Zeichen einer rezenten Hebung angesehen.

Was den tektonischen Aufbau der Insel betrifft, so scheinen außer der Hauptspalte auch in geringerem Grade kleine senkrecht dazu stehende Querspalten daran beteiligt gewesen zu sein; wenigstens lassen die Vorberge, wie der Apiaberg, der Fao, der Malata sowie die ziemlich tief eingeschnittenen Buchten von Falifà, Fagaloa und Tiavea, eine solche Deutung zu.

#### Tutuila.

Tutuila, die größte der Amerika gehörigen östlichen Gruppe des Samoanischen Archipels, besteht ebenso wie Sawaii und Upolu aus einem älteren östlichen und einem jüngeren westlichen Teil. Eine Linie, die wir von der Bucht zwischen Tafuna und Nuuuli nach Fagašà ziehen, bildet ungefähr die Grenze dieser beiden Gebiete. Bei Tafuna selbst finden wir nahe der Küste vollkommen frische Basaltlaven mit schlackiger Oberfläche.

Auf dem Wege von Tafuna nach Iiili überschreitet man dann sanft geneigte, aber bereits tief verwitterte und mit fruchtbarem Boden bedeckte Laven, wie wir sie von Upolu her kennen. Zwischen Iiili und Faleniu findet sich ein brauner, anscheinend durch Süßwasser geschichteter Tuff mit kleinen Basaltgeröllen. Beim Abstieg nach der Leonebucht trifft man in dem fruchtbaren Flachland ziemlich mächtige Schichten von Tuff, Lapilli und Sanden.

Südlich des eben beschriebenen Weges befindet sich ein Hügelland von schätzungsweise 3—400 Meter Höhe, das anscheinend ziemlich jungen Charakter hat; wenigstens habe ich beim Umfahren der Küste dort frische schwarze Laven gesehen. Etwas älter erscheint das nördlich gelegene Hügelland zu sein, zwischen dem Inland-Dorf Malaeola und der Nordküste. Südlich der von mir auf 363 Meter bestimmten Paßhöhe des Weges nach Asu befindet sich ein ziemlich ausgedehntes Hochland von etwas über 300 Meter Höhe.

Beim Abstieg nach Malaeola kann man einen kleinen basaltischen Schlackenkegel von etwa 196 Meter Meereshöhe nahe dem Dorfe beobachten. Die Bäche

haben von diesem Bergland nach Malaëola zu eine Menge Geröll herabgeschleppt. Neben gewöhnlichem Olivin-Feldspatbasalt fiel mir dabei ein Gestein mit großen weißen Feldspäten auf (Andesit-Basalt?). Folgen wir von Leone aus der Küste weiter nach Westen, so sehen wir nahezu horizontalgelagerte übereinandergeschichtete Basaltlaven; hin und wieder werden diese Schichten von vertikalen Gängen durchbrochen, und die mächtigeren dieser Gänge treten auch gern als kleine Landzungen hervor, so z. B. südlich der Bucht von Amanave. Ein paar kleine Felsen setzen diesen anscheinend nahezu Nordsüd streichenden Gang bis ins Meer hinein fort. Die nördlich dieser Bucht gelegene Westspitze der Insel verdankt vielleicht ihre Form einem Ostwest gerichteten Gang; sie läuft auch in vorgelagerte Felsinselchen aus. Von hier aus wenden wir uns nun zur Nordküste, die wesentlich steiler ist, und abgesehen von den Buchten, in denen meist ein schmales, enges Flachland bis ans Meer reicht, die Felsen oft nahezu senkrecht 10—50 Meter hoch ins Meer abfallen. Auf diesen Abbrüchen sieht man den gleichen Aufbau aus flachgelagerten, übereinandergeschichteten Laven. Oft hat eine Lava die Verwitterungsdecke der unterliegenden rot gebrannt. Auch Tuff, Geröll und Aschenlager kommen vor, aber nur sehr untergeordnet. Eine große Anzahl mehr oder minder vertikaler Gänge durchbrechen diese Laven. Diese Gänge streichen fast alle von Nord nach Süd.

Je weiter wir nach Osten gehen, desto älter wird jetzt der Charakter der Insel; die Täler sind tiefer eingeschnitten und die Gesteine sind vielfach zu einer roten oder gelben lehmigen Masse verwittert. Nur die Gänge haben meist ein frischeres Aussehen. In der Gegend von Fagasà sind die lehmig verwitterten Schichten kurz vor meinem Besuch die Ursache zu einem nicht unerheblichen Bergsturze gewesen. Eine Periode starken Regenwetters war dem Ereignis vorausgegangen. Von Fagasà zieht sich die Hauptkette des älteren östlichen Tutuila nach Osten bis zur Ostspitze der Insel. Die Gesteine sind hier, namentlich in den Gängen, nicht mehr ausschließlich Feldspatbasalt und machen zum Teil einen trachytartigen Eindruck. Doch sind echte Basalte vorherrschend, und zwar noch mehr, als aus den von mir mitgebrachten Handstücken hervorgeht, da ich gerade die vom Basalttypus abweichenden Gesteine vorzugsweise gesammelt habe. Besonders auffallend unter den Ganggesteinen ist ein körniges schwarzweißes Gestein von fast syenitähnlichem Aussehen (Nephelinbasanit) aus dem Tal von Fagasà sowie der mächtige Gang, der die Westseite der Vatiabucht bildet und sich in der Insel Pola fortsetzt (Trachyt). Die älteren Laven sind in der Regel derart verwittert, daß man nicht leicht frische Handstücke erhalten kann; doch mögen sie, wenigstens

zum Teil, auch wie die Gänge vom Basalt abweichende Gesteine sein. Die jungen frischen Laven bestehen, soweit ich sehen konnte, ausnahmslos aus meist recht olivinreichem Feldspatbasalt.

Östlich von Afono befindet sich an der Küste eine berühmte Höhle, die sich ziemlich weit in einen aus plattig abgesondertem, grauen Gestein bestehenden Berg hineinerstreckt. Die Höhle dürfte wohl der Brandung in Verbindung mit einem unterirdischen Wasserlauf ihren Ursprung verdanken. Bei Afono selbst finden sich noch verschiedene andere Ganggesteine (neben Basalten auch Trachyte) sowie im Boden des Schwemmlandes der Bucht Blöcke eines anscheinend sekundär angeschmolzenen Gesteines. Diese Anschmelzung schien mir künstlich zu sein. Weiter östlich herrschen an der Küste junge Basaltlaven vor, so bei Masausi und Sailele. An der Ostküste zwischen Tula und Alao findet man Lager gehobenen Korallengesteines — nur circa 20 Meter über dem Meer. Bei Alao kommen auch graue, anscheinend submarine vulkanische Tuffe vor. Die vorgelagerte kleine Insel Aunuu besteht aus einem braunen Tuff und bildet einen ziemlich wohl erhaltenen Krater. In diesem Krater befinden sich ein paar kleine Seen, die einen nach Osten fließenden Bach speisen. Am Ausgang dieses Baches sieht man die schön regelmäßige Schichtung des Tuffes und südlich davon auch etwas anstehende Lava. Die Südseite der Insel Tutuila, von Alao bis zum Hafen von Pagopago, ist etwas weniger steil als die Nordseite und zeigt nicht ganz so tief eingeschnittene Täler und Buchten. Die Gesteine sind aber wohl mehr oder minder dieselben.

Die Bucht von Pagopago ist durch ihre rechtwinklig umgebogene Gestalt auffallend. Der längere Schenkel des rechten Winkels entspricht einem Tal, das sich südlich der Hauptkette der Insel noch weiter nach Westen in der Richtung nach Fagasà fortsetzt, und der kürzere Schenkel setzt sich über den Paß von Aoa nach der Bucht von Afono fort. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß die Form dieser Bucht auf die beiden Hauptrichtungen des tektonischen Skeletts der Insel zurückzuführen ist, nämlich auf die Ostwest streichende Hauptpalte und die dazu senkrechten Nordsüdspalten und Gänge. Ob sie aber ein altes Erosionstal ist, das durch Ganggesteine, die in den beiden Richtungen sich hinziehen, in seiner Ausbildung bestimmt wurde und durch Senkung der ganzen Insel nachträglich unter Wasser kam, oder ob wir es hier mit den Folgen von Verwerfungen längs der Spalten zu tun haben, wage ich nicht zu entscheiden. Ich neige aber eher zu der letzteren Auffassung. Die Gesteine an der Bucht sind tief verwittert und geben zu größeren und kleineren Bergrutschen Anlaß. Der höchste Berg der Insel, der Matafao, befindet sich westlich der Bucht; ich maß seine Höhe zu 640 Meter. Ein

Kamm, der sich von seinem Gipfel nach Westen zieht, besteht aus einem dickbankig brechenden weißen Ganggestein, das hochgradig verwittert ist. Am Südabhang treten rote Lehme auf, die steil nach dem Tal von Fagaalu abfallen. Auch dort sind Bergstürze häufig.

Etwas niedriger wie der Matafao ist der östlich der Bucht gelegene Pioa, der von Pagopago das Aussehen eines massiven Blockes hat, aber nach Nordosten sich in einem langen Kamm hinzieht und zu der Hauptkette der Insel gehört.

Die Insel Tutuila bietet, wie wir gesehen haben, von allen Inseln des Archipels das abwechslungsreichste Bild. Die Erosion und anscheinend auch Verwerfungen haben tiefe Täler geschaffen; an den steilen Küsten und Talwänden sind die alten verwitterten Laven und die zahlreichen Gänge gut aufgeschlossen, und wir sehen hier, daß das Eruptionsmaterial nicht immer ganz gleichartig geblieben ist. Die jüngeren Gesteine sind aber auch hier echte Basalte. Wir dürfen wohl daraufhin schließen, daß auch die Insel Sawaii in ihrem nicht zugänglichen Innern unter der Decke der Basalte vermutlich andere Gesteine aufweist; doch ist dort wegen des Fortbestehens der Basalteruptionen, die alle Täler ausfüllen, bisher eine tiefe Erosion nicht möglich gewesen.<sup>1)</sup> Das Bestehen eines rechtwinkligen Spaltensystems tritt hier auf Tutuila noch deutlicher zutage wie auf den beiden westlichen Inseln. Die Richtungen der Bergketten von Ost nach West und die Richtungen der Gänge von Nord nach Süd sind überall deutlich bemerkbar. Alle drei Inseln stimmen darin überein, daß ihnen ein Haupt- oder Zentralkrater fehlt, daß der westliche Teil der jüngere ist und daß ihnen im Osten anscheinend submarin gebildete Tuffkrater vorgelagert sind, die auch jünger als die Hauptinseln sind.

### Manua.

Hundert Kilometer östlich von Tutuila liegt die „Manua“ genannte Gruppe, bestehend aus den Inseln Ofu, Olosega und Tau. Letztere allein wird auch Manua genannt.

Die Inseln Ofu und Olosega bilden zusammen einen steilen Höhenrücken, der sich an einer Stelle bis ans Meer heruntersenkt und dort eine Durchfahrt für Boote zwischen den beiden Inseln gestattet. Beide Inseln sind auf übereinandergeschichteten Laven aufgebaut, und man könnte beinahe glauben, daß sie den zwischen zwei Einbruchskratern stehengebliebenen Rest eines alten

<sup>1)</sup> In dem verhältnismäßig tief eingeschnittenen Silital fand ich ein Gestein, das von M. Weber als Phonolith bestimmt wurde.

Kraterwalles bilden. Möglicherweise gibt darüber einmal eine genaue Vermessung der Meerestiefen in der Nachbarschaft Aufschluß. Möglicherweise aber bilden sie auch den Rest eines ähnlichen sanft geneigten Rückens, wie wir ihn in den beiden westlichen Inseln Samoas sehen, und die steilen Abhänge im Norden und Süden sind der Erosion durch das Meer mit oder ohne Mitwirkung von Verwerfungen zuzuschreiben. Der Zustand der Verwitterung erinnert an Upolu; vielleicht sind diese Inseln eher noch etwas jünger als Upolu. Am Westende von Ofu befindet sich eine kleine Insel von Schlacken und Tuff, Foisina. Gänge sind reichlich vorhanden, besonders im Osten von Olosega.

Zwischen Olosega und Tau fand nach Nachrichten in der Litteratur 1866 ein Ausbruch statt. Ein älterer Einwohner von Olosega erzählte mir, daß hohe Wasser- und dichte Rauchsäulen herausgeschleudert wurden, daß nachts ein deutlicher Feuerschein zu sehen war, und daß Schlacken und Bimssteine herausbefördert wurden. Nach seinen Angaben hätte das Ereignis 1870 stattgefunden. Ich vermute aber, daß seine Zeitrechnung, wie bei den Polynesiern üblich, etwas im argen lag. Die Deutsche Seekarte nennt dort einen unterseeischen Vulkan in 46 Meter Tiefe und setzt hinzu „Anwachsen wahrscheinlich“. Zunächst dürfte wohl der Schlackenhügel abgetragen werden durch die Meeresströmungen.

Die Insel Tau ist in mancher Beziehung recht abweichend von den bisher beschriebenen Inseln. Während die Inseln Upolu, Tutuila, Ofu und Olosega und in geringerem Grade auch Sawaii sich als Gebirgsketten präsentieren, weicht Tau von dem gewohnten Bild einer Vulkaninsel weniger ab: sie besteht aus einem einheitlichen, nur ganz wenig von Nordwest nach Südost gestreckten flachen Kegel mit geringem Böschungswinkel im unteren Drittel, etwas steilerer Neigung in mittlerer Höhe und wiederum flacher ansteigender Böschung in dem höchsten Teil. Oben befindet sich eine Art Plateau mit aufgesetzten kleinen Kegelchen; das Plateau ist etwa 800—850 Meter hoch und der höchste Kegel erreicht nahezu 880 Meter. Soweit ich bei meiner Durchquerung der Insel sehen konnte, besteht sie ausschließlich aus olivinreichen Feldspatbasaltlaven, mit nur sehr untergeordnet auftretenden Schlacken und Tuffen. Der Anstieg vom Dorfe Tau aus ist ziemlich sanft und gleichmäßig; man überschreitet dabei eine Reihe von Tälern, die ganz und gar den Typus der „Alia“ wie in Sawaii haben. Das Hochplateau fällt aber nicht nach allen Seiten so sanft ab; nach Norden und nach Osten befinden sich etwa 30—40° steile Abhänge von mehreren hundert Metern Höhe, die erst tiefer wieder in die sanfte Neigung übergehen, und im Südosten befindet sich ein jähher Abbruch von 70—80° Neigung.

Am Boden dieses Abbruches befindet sich eine nahezu horizontale Terrasse von Sichelform, die durch einen zweiten ähnlichen Abbruch im Südosten begrenzt wird. Die Höhe dieser beiden Abbrüche habe ich nicht messen können — da ich leider nur kurze Zeit auf dieser vom regelmäßigen Verkehr ausgeschlossenen Insel bleiben konnte —, ich schätze sie aber auf je 200 Meter. Vom Fuß des zweiten Abbruches fällt das Terrain sanft nach der Küste hin ab; die Küste selbst aber ist eine hohe Steilküste. Die beiden Abbrüche erinnern in ihrem Aussehen an die Wände von Einsturzkratern, wie wir sie aus basaltischen Gegenden, namentlich von den Hawaiischen Inseln her kennen, und sind zweifellos ebenso zu erklären. Nur ist nach der ganzen Topographie nicht wohl anzunehmen, daß hier auf Tau sich durch den Einsturz allseitig umschlossene Krater, wie der Kilauea oder der Mokuaweoweo, gebildet haben; der Einsturz ist eben nicht zentral gewesen, sondern liegt südöstlich des Gipfelplateaus. Dies dürfte ein Beweis dafür sein, daß sich auch hier eine Tendenz zur Verlegung des Ausbruchszentrums in der Richtung des Streichens der ganzen Inselgruppe zeigt.

Nächst Sawaii ist Tau die jüngste Insel; die Verwitterung ist zwar weit genug vorgeschritten, um einem dichten Urwald Boden zu schaffen, aber die kleinen Täler legen überall die wohlbekanntenen frischen Oberflächenformen der Fladenlava frei, und die Felswände zeigen einen regelmäßigen Aufbau aus frischen Laven.

#### Rose Island.

Die östlichste Insel der Gruppe soll nach den Berichten des Herrn Cap. Stefany nur aus Sand und Korallen bestehen. Von den vulkanischen Gesteinen, die wohl zweifellos den Sockel der Korallenbauten bilden, soll nichts zu sehen sein.

Von den durch mich gesammelten Handstücken aus Samoa habe ich eine Auswahl der typischsten Stücke Herrn Professor Max Weber übergeben, der die große Liebenswürdigkeit hatte, die petrographische Untersuchung zu übernehmen. Hierzu möchte ich noch einmal hervorheben, daß die gesammelten Handstücke insofern ein unrichtiges Bild der Zusammensetzung der Inseln liefern, als ich vorzugsweise von dem gewöhnlichen Typus der Feldspatbasalte abweichende Gesteine mitgenommen habe; in Wirklichkeit herrscht in dem ganzen Gebiet eine noch viel größere Einförmigkeit, als aus dem Verzeichnis der untersuchten Gesteine hervorgeht.

Außer Herrn Professor Weber, der die mikroskopische Untersuchung dieser Gesteine übernommen hat, fühle ich mich verpflichtet, hier noch allen denen zu danken, die mir an Ort und Stelle bei der häufig ziemlich umständlichen und schwierigen Bereisung der Inseln behilflich waren. Ich kann hier füglich nicht alle diese Herren namentlich aufzählen — es sind ihrer viele. Der Gouverneur von Deutsch Samoa, Exzellenz Dr. Solf, und der Gouverneur von Amerikanisch Samoa, Captain Moore, die Leiter der Deutschen Handels- und Plantagengesellschaft und der Deutschen Samoagesellschaft sowie deren verschiedene Vertreter und Agenten auf Sawaii, die Väter der französischen katholischen Mission, von der protestantischen Mission Rev. Neil, der Amtmann von Sawaii Mr. Williams, die Landmesser Haidlen, Lammert, Macdonald, die Kapitäne Allan und Stefany, Herr Nelson in Safune, Herr David in Salaelua, und nicht zuletzt die Herren Dr. Angenheister, W. von Bülow und Dr. Funck sind mir in liebenswürdiger Weise entgegengekommen und haben mir mein Unternehmen in jeder Weise erleichtert.

Ihnen allen sage ich meinen herzlichsten Dank.

Herr Max Weber hat inzwischen die Resultate seiner petrographischen Untersuchung in dieser Zeitschrift, Bd. XXIV p. 289 ff., mitgeteilt. Da mein Manuskript bereits im Jahre 1908 vollendet war, habe ich leider nicht überall auf seine wichtigen Ergebnisse Bezug nehmen können. Dies gilt auch von den Karten, deren verspätete Herstellung durch den Kartographen Herrn Chr. Peip wesentlich schuld an der Verzögerung des Erscheinens meiner Arbeit ist.

### Bemerkung zu den Kartenbeilagen.

Die Deutsche Seekarte Nr. 257 ist bisher, soweit mir bekannt, die beste Karte der Samoainseln; nur für Upolu ist die Langhanssche bei Justus Perthes 1900 erschienene Karte vorzuziehen. In den beiliegenden Kartenskizzen habe ich eine Reihe von Verbesserungen festgelegt; ich bemerke, daß ich nicht topographische Aufnahmen machen wollte und daß mein Handwerkszeug nur in einem guten Kompaß, einem Taschen-Aneroid und in einem zweiten allerdings ungewöhnlich zuverlässigen Aneroid bestand. Die auf der Seekarte leider nur so klein gedruckte Anmerkung: „Die meist nur auf flüchtigen Aufnahmen beruhende Karte ist mit großer Vorsicht zu gebrauchen“, gilt also auch für meine Karten. Immerhin ist das topographische Bild von Sawaii wesentlich richtiger zum Ausdruck gebracht als auf der Seekarte, die sich auf die Aufnahmen des Dr. Fr. Reinecke stützt, und auch auf den anderen Inseln ist außer den neuen Höhenzahlen noch manche Verbesserung gegen die alten Karten gebracht worden.

Die Zeichnung ist nach meinen Skizzen und Angaben von Herrn Christian Peip in Eisenach angefertigt worden.

Über die einzelnen Höhenmessungen gebe ich noch im folgenden eine kleine Tabelle.

### Höhentafel.

Die Höhen wurden mit einem kleinen Aneroid, System Goldschmidt, von Th. Usteri-Reinacher, Zürich, bestimmt. Das Aneroid wurde vorher und nachher in Zürich geprüft. Die Herren Dr. Angenheister und Dr. Funck stellten mir gleichzeitige Beobachtungen an der Küste zur Verfügung. Die durchschnittliche Entfernung der von mir gemessenen Punkte von Apia, wo die Vergleichsbeobachtungen stattfanden, beträgt für Sawaii 75 Kilometer. Es ist anzunehmen, daß der Gang des Luftdruckes in Sawaii ungefähr parallel mit dem in Apia ist.

Für Tutuila und Manono sowie auch für die Taugruppe habe ich die Vergleichsbeobachtungen nicht benützt, da ich stets oft und schnell genug selbst am Meeresstrand beobachten konnte.

Der Fehler der Höhenbestimmungen dürfte unter Berücksichtigung früher mit demselben Instrument gemachter Erfahrungen nur ausnahmsweise 10 Meter übersteigen.

### Sawaii.

	Meter.
Safune, Terrasse des Kaufhauses Nelson . . . . .	5
Letui, Pulinuuhaus (Pulinuu = Dorfschulze) . . . . .	95
Aopo, „ . . . . .	216
Schutzhütte I . . . . .	1247
Maugaafi, höchster Punkt . . . . .	1597
Kraterrand Ostseite . . . . .	1564
Fuß des Aschenkegels, circa . . . . .	1464
Kraterboden . . . . .	1529
„ tiefste Stelle . . . . .	1524

## Sawail.

	Meter.
Aussichtspunkt auf einem Schlackenhügel südlich des 1902 Ausbruchs, vermutlich Lagerplatz des Herrn Neil . . . . .	1769
Östlicher Kegel des 1902 Ausbruchs . . . . .	1664
Westlicher Kegel des 1902 Ausbruchs . . . . .	1649
Runder Schlackenkegel „Kapasu“ . . . . .	1795
Höchste Erhebung der Insel „Herthaberg“ . . . . .	1858
Schutzhütte II . . . . .	1767
„ III . . . . .	1698
Hufeisenberg mit Aussicht NW . . . . .	1816
„ „ „ SO . . . . .	1819
Kegel mit Aussicht . . . . .	1762
Schutzhütte IV am Südfuß desselben . . . . .	1640
Kleiner Hufeisenkrater . . . . .	1757
Mündung meines neuen Weges auf den Williamsweg . . . . .	1463
Schutzhütte V . . . . .	1437
„ VI . . . . .	906
Bananenpflanzung Williams mit Hütte . . . . .	331
Sili . . . . .	22
Palauli . . . . .	5
Schutzhütte am Mafana . . . . .	684
Kraterrand des Mafana . . . . .	971
Kraterboden . . . . .	885
„Mataaga“ am Mafana . . . . .	899
Tafua . . . . .	2
Tafuaberggipfel . . . . .	188
Kraterboden . . . . .	7,6
„ . . . . .	11,5
„ . . . . .	25,3
Sosogo . . . . .	102
Matapoo . . . . .	23
Olonono . . . . .	383
Kegel nördlich des Maugaloa . . . . .	883
Paß östlich des Maugaloa . . . . .	960
Maugaloa, circa . . . . .	1000
Schutzhütte nördlich des „Mataaga“ Williams . . . . .	937
„Mataaga“ Williams . . . . .	1484
Schutzhütte südlich des „Mataaga“ . . . . .	1621
Faga . . . . .	2
Tapueleele . . . . .	160
Olomanu Kegel, circa . . . . .	600
Matofà . . . . .	750
Mataulanu Kraterrand . . . . .	895
„ Boden . . . . .	859

## Sawaii.

	Meter.
Toiavea . . . . .	1065
Schutzhütte NW des Toiavea . . . . .	885
„ an großer Alia (Maliolio) . . . . .	1167
Hufeisenberg mit Durchhau von Williams . . . . .	1212
„ höchster Punkt „Mauga Pule“ . . . . .	1225
Schutzhütte N davon . . . . .	1084
„ Williams . . . . .	806
Olocamp (Schutzhütte Williams), circa . . . . .	620
Übergang über Alia N von Olonono, circa . . . . .	520
Schutzhütte in Alia S vom Matavanu-Krater . . . . .	668
Matavanu-Krater, Westgipfel und Ostgipfel . . . . .	708
NO Rand des Kraters . . . . .	682
Samalaiulu . . . . .	40

## Apolima.

Pulinuuhaus . . . . .	6
Kraterboden, mittlere Höhe . . . . .	14
SW Kraterrand . . . . .	137
S „ höchster Punkt der Insel . . . . .	146

## Manono.

Faleù Pulinuuhau . . . . .	2
Gipfel der Insel . . . . .	71
Salua Apai Paß . . . . .	14

## Tutuila.

Matafao, höchster Punkt der Insel . . . . .	640
Amouli Paß . . . . .	124
Tula Onenoa Paß . . . . .	111
Asu Malaeloa Paß . . . . .	363
Schlackenkegel bei Malaeloa . . . . .	196
Plateau südlich von Asu, circa . . . . .	310
Pioaberg, circa . . . . .	550

## Manuagruppe.

Tau Insel	
Faleulu, circa . . . . .	700
Alia Vaita, circa . . . . .	800
Rand des Absturzes . . . . .	844
Gipfel der Insel . . . . .	879
Olosega Insel, Gipfel . . . . .	604
Ofu Insel, „ . . . . .	490

## Abbildungen.

1. Tafel I. Eruptionshügel des Matavanu-Ausbruches auf Sawaii von Südwest gesehen. Im Vordergrund rechts toter Wald. In halber Höhe links am Hügel sieht man als kleine Stufe den Rest eines älteren Kraterrandes. Aufnahme von I. Friedlaender.
2. Tafel I. Matavanukrater vom Südrand des Kegels aus gesehen. I. Friedlaender. Aufnahme vom 22. August 1907.
3. Tafel V. Matavanukrater von Norden aus gesehen. Aufnahme vermutlich vom August 1905. Zeigt noch explosive Eruption.
4. Tafel VII. Aussicht vom Matavanukegel nach Norden. Fladenlava, einige große Bomben, toter Wald, Hügelkette südlich des Vulkans und ein Stückchen des Toasivi im Hintergrund. Aufnahme I. Friedlaender.
5. Tafel II. Abfluß der Lava nach Nordost durch die kleinen Rauchwolken sichtbar gemacht. Aufnahme von Capitain Allen vom 30. März 1906.
6. Tafel IV. Blick vom Ostabhang des Matavanukegels, zeigt kleine Hügel im Vordergrund und den Doppelgipfel des Toiavea im Hintergrund.
7. Tafel III. Rand der Lava östlich des Kraters und toter Wald. Aufnahme von Capitain Allen vom 13. Juli 1907.
8. Tafel IV. Langgestreckter östlicher Hauptkegel der Eruption von 1902 auf Sawaii. Aufnahme von I. Friedlaender.
9. Tafel VI. Silhouette von Apolima, Manono und Upolu von der Apolimastraße aus. Aufnahme von I. Friedlaender.
10. Tafel VI. Silhouette von Upolu von Westen gesehen. Im Vordergrund der Vulkan Tofua. Aufnahme von I. Friedlaender.
11. Tafel VII. Einfahrt in den Hafen Apia. Im Vordergrund der Apiaberg, im Hintergrund der Rücken der Insel.
12. Tafel V. Bucht von Pagopago mit Blick auf den Pioa.
13. Tafel VII. Blick auf die Südküste von Ofu und Olosega. In der Mitte die schmale Meerenge.

### Samoalitteratur.

Das reichhaltigste Verzeichnis der Samoalitteratur findet sich bei Dr. Augustin Krämer, Die Samoainseln. Stuttgart 1903.

Für die Geologie und Petrographie der Inseln kommen in Betracht:

- Charles Wilkes, United States Exploring Expedition. Philadelphia 1845, Bd. II, p. 61—154.  
 Dr. E. Gräffe, Journal des Museum Godefroi. Hamburg 1873/74, Heft VI.  
 Dr. Franz Reinecke, verschiedene Aufsätze über Sawaii in Petermanns Mitteilungen, Bd. 49, 1, 1903; Bd. 52, 4, 1906, und im Prometheus 1903.  
 Dr. Karl Sapper, Der Matavanu-Ausbruch 1905—1906. In der Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde 1906, p. 686 u. f.  
 W. von Bülow, Über den Ausbruch auf Sawaii. Globus, Juli 1906.  
 Dr. A. Wichmann, Tschermaks Min. Petr. Mitteilungen 1882.  
 Fritz Möhle, Beitrag zur Petrographie der Sandwich- und Samoa-Inseln. N. Jahrb. für Min., Beil. Bd. XV, 1902.  
 E. Kaiser, Beitrag zur Geologie und Petrographie der deutschen Südseeinseln. Jahrb. der Preuß. Geol. Landesanstalt 1903.  
 H. J. Jensen, The Geology of Samoa and the Eruptions in Sawaii. Proc. of the Linnean Soc. of New South Wales. Sydney 1906.  
 Dr. Klautsch, Der jüngste Vulkanausbruch auf Sawaii. Jahrb. der Preuß. Geolog. Landesanstalt 1907.

Für die meisten Karten bildet die Wilkessche Vermessung noch die Grundlage; doch sind in der Deutschen Seekarte Nr. 257 die Aufnahmen von Dr. Reinecke verwertet sowie in der Spezialkarte der Samoa-Inseln von Paul Langhans, Gotha 1900, viele neuere gute Beobachtungen berücksichtigt.

Zu den in der Einleitung erwähnten Bemerkungen über Fiji vergleiche:

- Dr. W. G. Woolnough, The Continental Origin of Fiji. Proc. of the Linnean Soc. of New South Wales. Sydney 1903, 3.  
 Dr. W. G. Woolnough, A Contribution to the Geology of Viti Levu. Ebenda 1907, 3.



1

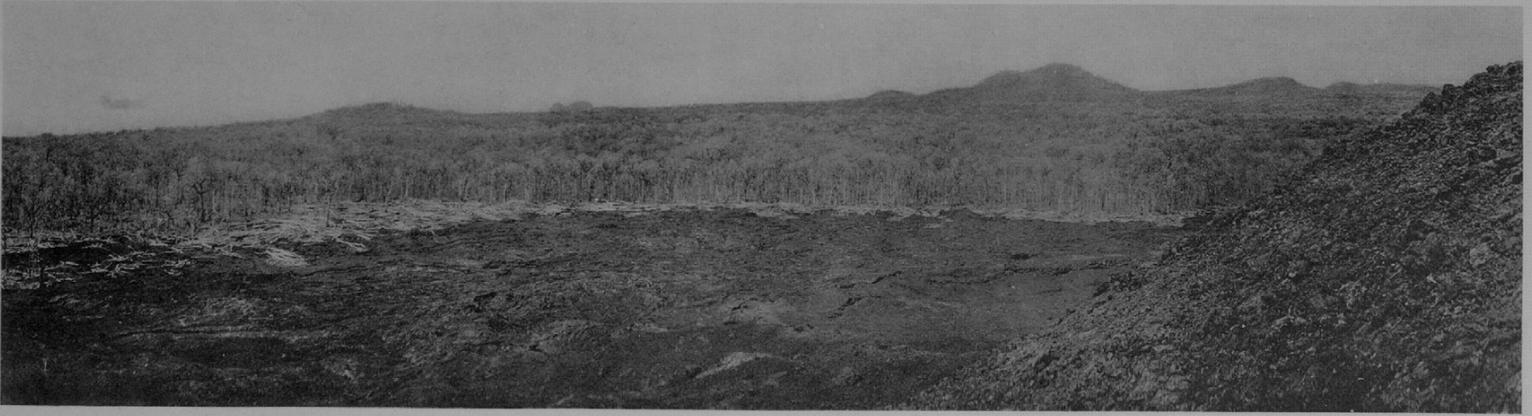


2

Lichtdruck von J. B. Obernetter, München.



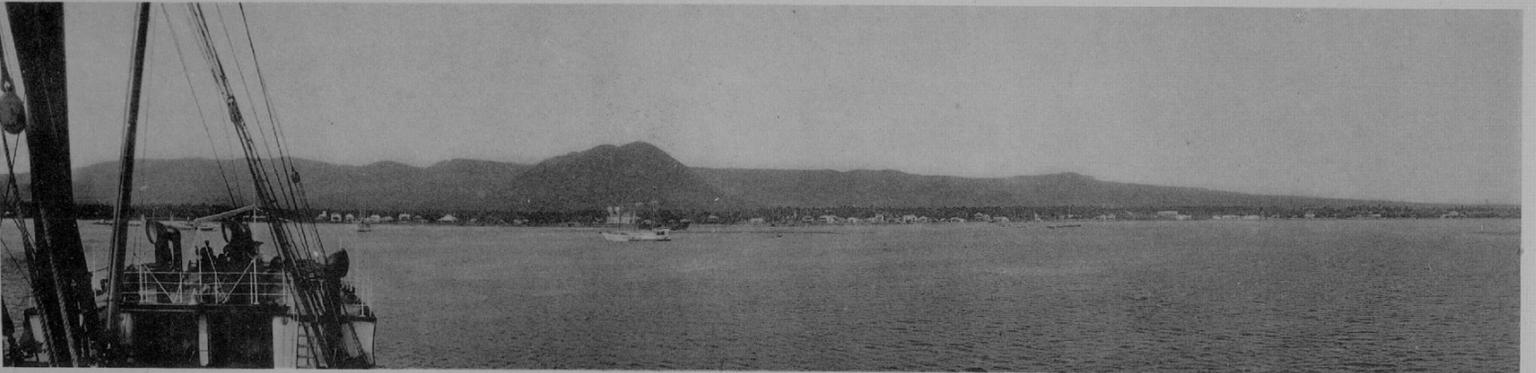




6



8



11



4



13

Lichtdruck von J. B. Obernetter, München.

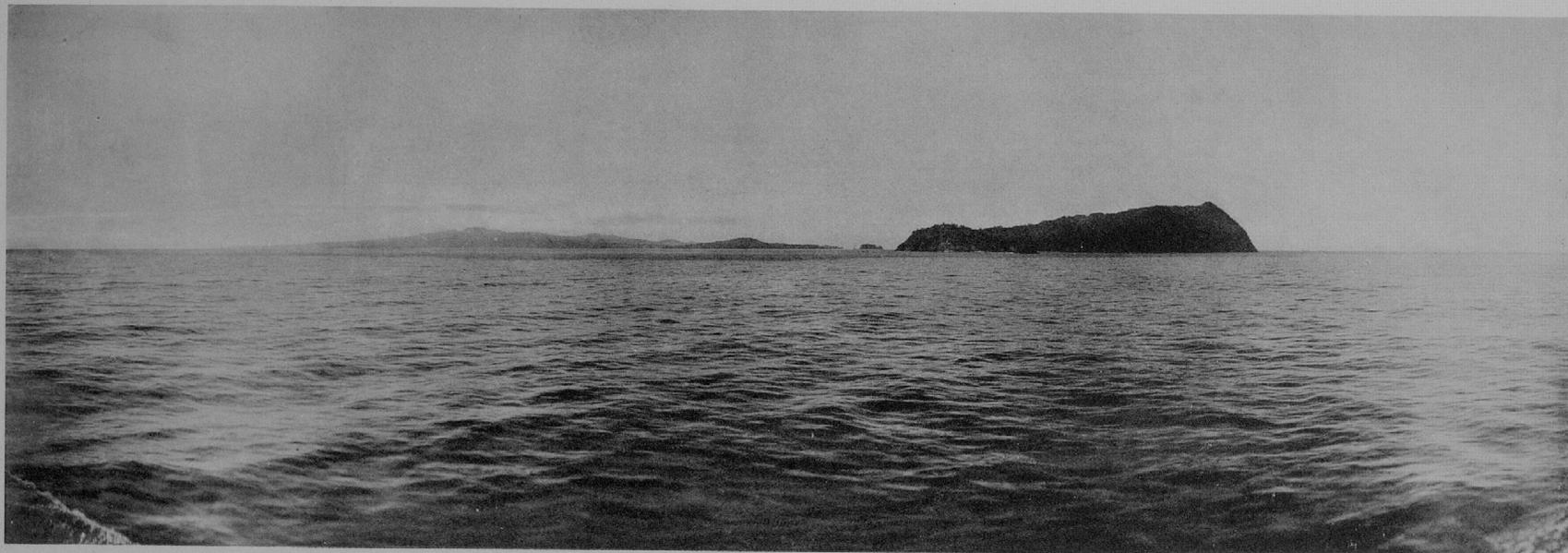


8

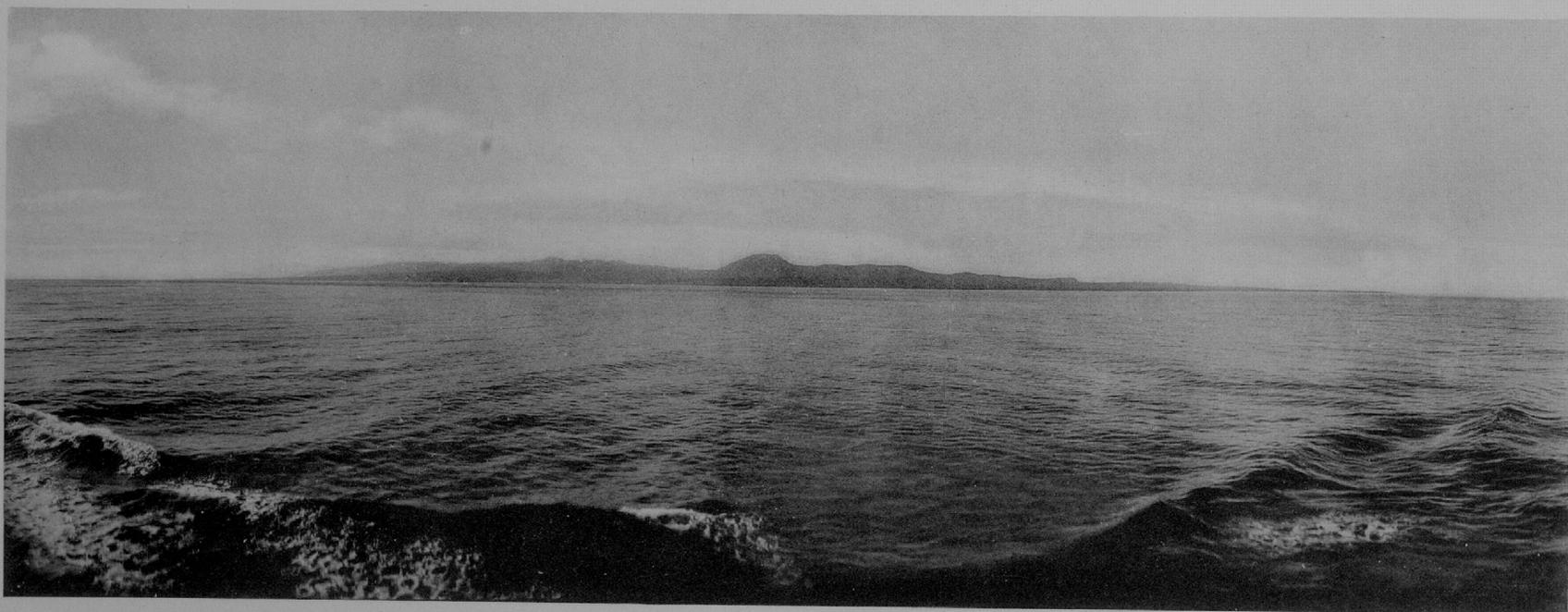


12

Lichtdruck von J. B. Obernetter, München.



9



10

Lichtdruck von J. B. Obernetter, München.

