

6

Ein Beitrag zur Kenntniss der typischen Andesitgesteine.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades eines

Doctors der Mineralogie und Geognosie

verfasst und mit Bewilligung

Einer Hochverordneten physico-mathematischen Facultät der
Kaiserl. Universität zu Dorpat

zur öffentlichen Vertheidigung bestimmt

von

Joseph Siemiradzki

mag. min.



N. 1156.

Ordentliche Opponenten:

Doc. Dr. J. Lemberg. — Prof. Dr. C. Schmidt. — Prof. Dr. C. Grewingk.

Dorpat, 1885.

Gedruckt mit Genehmigung der physiko-mathematischen Facultät der Kaiserlichen Universität Dorpat.

Dorpat, den 30. September 1885.

Nr. 155.

Dr. Arthur von Oettingen,
z. Z. Decan der phys.-math. Facultät.

Ein Beitrag
zur Kenntniss der typischen Andesitgesteine

von

Joseph Siemiradzki

nebst einer geologischen Übersichtskarte von SW. Ecuador.

Einleitung.

Das Material zur vorliegenden Arbeit, welches ich im Laufe der Jahre 1882—83 auf meiner Reise nach Ecuador zu sammeln Gelegenheit fand, reicht leider nicht aus, um eine allgemeine geognostische Übersicht dieses Staates geben zu können. Durch politische Unruhen des Landes in meinen Bewegungen gehindert, ohne jegliche Unterstützung Seitens der misstrauischen localen Autoritäten, welche in mir und meinem Reisegefährten, dem Ornithologen STOLZMANN, stets Emissäre der Gegenpartei zu sehen glaubten, auf meine eigenen Kräfte und Mittel angewiesen, bin ich nicht im Stande gewesen die vorgenommene Reise nach einem gewissen Plan auszuführen, musste mich vielmehr auf die möglichst genaue geologische Untersuchung derjenigen Localitäten, wohin mich das Fatum brachte, beschränken. Die dem Geologen ein reichliches Feld zur Beobachtung darbietende waldfreie Alpenregion der Cordillere wurde mir erst kurz vor meiner Abreise nach Europa zugänglich; acht Monate dagegen verbrachte ich im Urwalde, woselbst bei vollkommenen Mangel an Wegen der Zutritt zu den recht spärlichen natürlichen Entblössungen der die Cordillere zusammensetzenden Gesteine

ausserordentlich schwer und mühsam wird. Obiges mag die Mangelhaftigkeit nachstehender Arbeit erklären, welche mich veranlasst im Nachstehenden die Betrachtung der geognostischen Verhältnisse Ecuadors in drei lose Abtheilungen zerfallen lassen: 1) die Küstenregion, von Guayaquil bis zum obersten Kamm der Westcordillere; 2) die vulkanischen Gesteine der Umgegend von Alausi und deren Zersetzungsproducte durch Solfataren; das Hochplateau zwischen Alausi und Riobamba; 3) der Tungurahua.

Die Küste.

Dem Reisenden, welcher im Hafen von Guayaquil den Boden von Ecuador betritt, stellt sich die Pacifiche Küstenregion als eine vollkommen flache Niederung dar. Nur dicht neben der Stadt fängt ein schmaler und niedriger Hügelzug (Cordillera de Chongon und Colonche) an, welcher vom rechten Ufer des Guayas sich erhebend in NW.-Richtung verläuft um die Meeresküste bei der Insel Salanga in der Provinz Manabi zu erreichen. Bei klarem, trockenem Wetter erblickt man die Gipfel der etwa 70 Kilometer entfernten Westcordillere, mit der darüber in NO.-Richtung herrschenden Schneekuppe des Andenkönigs Chimborazo.

Von der Küste des stillen Oceans bis zum Fusse der Anden besteht die tischglatte Ebene der Provinzen del Guayas und de los Rios aus Alluvionen von aschgrauem, salzigem Rhizophorenschlamm, welcher noch heutzutage in den unzähligen Deltas und Kanälen an der Mündung des Rio Guayas aus dem durch Rhizophorenwurzeln angehaltenen Schwemmmaterial fortdauernd gebildet wird. — Der Hügelzug Cordillera de Chongon besteht, ebenso wie die kleinen Hügel der Insel Puná aus schwarzgrauen, verkieselten Mergelschiefern, welche unter 30% nach W. fallen und nach Dr. THEODOR WOLF cretaceische Inoceramen in der nächsten Umgebung von Guayaquil enthalten. Im Pflaster von Guayaquil kann man häufig diese Versteinerungen von zum Theil bedeutenden Dimensionen sehen. Die cretaceischen Schichten, welche das Küstengebirge zusammensetzen, unterteufen die ganze Küstenregion, um später, mit mächtigen Sandsteinbänken wechsel-

lagernd, die Hauptrolle beim Aufbaue der westlichen Andeskette zu spielen¹.

Begeben wir uns von Guayaquil nach O., so beginnt erst in der Entfernung von 25 Kilometer beim Städtchen Yaguachi der Boden kaum merklich sich zu erheben. Dicht am Fusse der Westcordillere erreichen wir den Kamm eines zweiten cretaceischen Höhenzuges, welcher dem rechten Ufer des Rio Chimbo entlang verläuft. Die Höhe von 1500' über dem Meeresspiegel erreichend, verfließt dieser Höhenzug nach W. unmerklich mit der Küstenebene, nach O. dagegen fällt er beinahe senkrecht ab. Das Fallen der Schichten ist ebenso wie bei Guayaquil ein Westliches.

Der reissende Gebirgsstrom Rio Chimbo schneidet den soeben erwähnten Wall an der Eisenbahnstation Puente de Chimbo, indem er unter einem rechten Winkel seine Richtung aus S. nach W. verändert. Der Fluss hat sein Bett tief in die dunkelbraunen mergeligen Schiefer eingeschnitten und das breite Flussthal unterhalb Puente de Chimbo mit riesigen, dem Massive des Chimborazo entrissenen Andesitblöcken erfüllt.

Am linken Ufer des Flusses sind die im Flussbette entblösten Schiefer von 50—100' mächtigem diluvialen Grus und Conglomeraten bedeckt, welche 6000' Höhe über dem Meeresspiegel weiter im Gebirge erreichen. Man sieht die weichen, braunen Mergelschiefer — stets steil nach W. fallend — unter den Conglomeraten, die, ebenso wie in den nördlichen Provinzen der Republik goldführend sein sollen, mehrorts entblösst: so nämlich an den Flösschen Mayahuan und Yurac-Yacu (Agua blanca) 2 Kilometer von deren Mündung, ferner in 3500' Höhe am Ufer des Rio Limon in der Hacienda Pedregal am Wege von Puente de Chimbo nach Pallatanga.

Eine Stunde östlich vom Chimbothale fängt erst die Westcordillere auf einmal terrassenförmig steil emporzusteigen an. Die zahlreichen Verzweigungen der Andeskette lassen bedeutende Störungen in der Lage der sie zusammensetzenden Schichten erkennen.

¹ Vergl. die Einleitung von REISS zu BRANCO's: Über eine fossile Säugethierfauna von Punin. DAMES u. KAYSER, Paläontologische Abhandlungen. I. 2. 1883.

Von 6000' Höhe an treten eigenthümliche, steil aufgerichtete schieferige Gesteine zu Tage, die sich aber in einem Zustande weit vorgeschrittener Zersetzung befinden, so dass man auf ihre Natur, resp. Zusammengehörigkeit mit den etwas südlicher, in der Provinz Cuenca (del Azuay) auftretenden porphyrischen Gesteinen gar nichts schliessen kann. Die Gesteine sind schieferig, offenbar krystallinisch, doch so stark verwittert, dass man nur eine bröckelig thonige Masse von gelblicher Färbung oder auch einen hellockergelben feinen Thon (die tierra amarilla oder auch greda der Einwohner) vor sich hat. Die alteruptiven Gesteine der angrenzenden Provinz Azuay geben ähnliche Zersetzungsproducte¹, doch lässt sich beim Mangel an frischem Material nichts Definitives darüber sagen.

Nach wenigen Stunden eines schwierigen Weges erreichen wir den höchsten Punkt der Westcordillere an dieser Stelle, den Cerro de Margarita (11 000'), welcher von der Ostseite einen senkrechten Abgrund darbietet und dadurch die Grenze zwischen den Schiefern der Westcordillere und dem vulkanischen Gebiete der Umgegend von Alausi andeutet. Diese Grenzlinie verläuft nach SW. längs des Gebirgswalles San-Nicolas über Linje bis zum Thale des Rio Chanchan; ihr weiterer Verlauf wird durch den Kamm der Westcordillere angedeutet.

Wir haben gesehen, dass die Schiefer der Küstenregion von Ecuador auf unserem Wege von Guayaquil nach O. dreimal senkrechte Abstürze uns darbieten, welche ebenso vielen Eruptionsspalten entsprechen. Wir haben demnach auch eruptive Gesteine in diesem Gebiete zu erwarten.

Die vulkanischen Gesteine der Ecuadorianischen Küste sind von zweierlei Art: einerseits quartäre und zwar postdiluviale Laven und Tufflager, welchen wir im Thale des Chimbo (San Pablo) und nach WOLF ebenfalls im Thale des Rio Esmeraldas im Norden der Republik² begegnen, andererseits diabasähnliche Gesteine cretaceischen Alters, welche

¹ Viajes científicos por la Republica del Ecuador, publicados por orden del Supremo Gobierno. Por el Dr. TEODORO WOLF. Guayaquil 1879. I (Loja) S. 34 u. II (Azuay) S. 67.

² WOLF op. cit. III (Esmeraldas) S. 83.

in vereinzeltten Kuppen und Stöcken an der flachen Küste ebenso wie im Gebirge zerstreut liegen. — Wir fangen mit den älteren Gesteinen an. Vulkanische Gesteine cretaceischen Alters sind in den Anden, besonders aber an der Ecuadorianischen und Peruanischen Küste weit verbreitet, haben aber bisher die Aufmerksamkeit der Geologen nicht auf sich gelenkt. Man erwähnt sie theils als „Grünsteine“, theils als Basalte, theils als „gefleckte Porphyre“ (porfidos abigarrados), ohne weitere Rücksicht auf ihr geologisches Alter zu nehmen¹. REISS sagt in der oben citirten Einleitung zur Abhandlung von BRANCO einfach, dass Grünsteine die wahrscheinlich cretaceischen schwarzen Schiefer und Sandsteine der Westcordillere durchsetzen. WOLF findet im diluvialen Grus von Esmeraldas lose Blöcke von „Diorit“ und „Diabas“, welche aus demselben cretaceischen Gebirge stammen. In der flachen Ebene südlich von Guayaquil erhebt sich ein kegelförmiger Berg, der Cimalon, welcher aus „Diorit“ nach WOLF bestehen soll. In der Provinz Manabi befindet sich nach einer mündlichen Mittheilung von Dr. WOLF eine Gruppe echter Vulkane, mit Tuffen und Lavadecken, welche aus einem dioritähnlichen Gesteine bestehen und zur Kreideperiode gehören. In der Sammlung des Herrn C. JELSKI in Krakau habe ich ebenfalls ein eigenthümliches, grünsteinartiges Gestein gesehen, welches aus einer isolirten Kuppe an der Küste Peru's genommen worden ist. PFLÜCKER und RICO² geben aus der Umgegend von Morococha, also mitten in cretaceischen und z. Th. jurassischen Schichten — Propylite an.

Es fehlen mir leider Handstücke dieser problematischen Gebirgsarten — aus meiner Sammlung gehört nur ein einziges, aber recht charakteristisches Vorkommniss hierher. Es ist dies das grünlichschwarze, schwere und äusserst zähe Gestein, welches am Wasserfalle Agua clara an der Ecuadorianischen

¹ Neulich hat STEINMANN (dies. Jahrb. 1884. I. 198) zur Genüge bewiesen, dass die am Aufbaue der Chilenischen Cordillere eine so grosse Rolle spielenden Porphyre sämtlich mesolithischen Alters sind, und mit sedimentären Schichten vom Lias bis zum Neocom wechsellagern.

² PFLÜCKER Y RICO, Apuntes sobre el distrito mineral de Yauli. (Anales de la Escuela de construcciones civiles y de Minas del Peru. B. III. Lima 1883.) Auszug in dies. Jahrb. 1885. I. 50.

Eisenbahn, unweit der Station Puente de Chimbo die cretaceischen Mergelschiefer durchbricht.

Das porphyrische Gestein, spec. Gew. = 2,981, ist von mittlerer Korngrösse, erinnert äusserlich an paläolithische Olivindiabase, und wäre daher als Melaphyr im Sinne ROSENBUSCH'S zu deuten, spräche sein jüngeres Alter und die etwas abweichende chemische Zusammensetzung, vor allem aber der eigenthümliche, allen mesolithischen Eruptivgesteinen gemeinsame Habitus nicht dagegen. Es besitzt zum Theil die Eigenschaften der alteruptiven Diabase zum Theil diejenigen vieler Basalte, und ist daher zu den Mesobasalten LAGORIO'S zu rechnen.

I.	Ia.
Bauschanalyse des Gesteins	Feldspath.
Si O ₂ = 49,58	Si O ₂ = 60,21 (aus d. Verlust)
Al ₂ O ₃ = 19,16	Al ₂ O ₃ = 16,71
Fe ₂ O ₃ } = 14,61	Fe ₂ O ₃ = 10,35
(Fe O) }	Ca O = 8,87
Ca O = 9,10	Mg O = 2,05
Mg O = 3,94	Na ₂ O = 0,33
Na ₂ O } = 1,08	H ₂ O = 1,48
K ₂ O }	
H ₂ O = 2,87	

Mit blossem Auge erkennt man im Handstücke porphyrisch ausgeschiedenen, grünlichen Feldspath, schwarze Grundmasse, Nester von Olivin und weissliche Serpentinadern.

Der Feldspath erscheint unter dem Mikroskope trübe, wie die dioritischen Plagioklase, voll fremder Einschlüsse, worunter man dunkelfarbige Glastropfen, Chlorit, Magnetit und Olivin erkennen kann. Die polysynthetische Zusammensetzung der dicktafelartigen Feldspathindividuen ist sehr deutlich an deren zackigen Krystallumrissen sichtbar, dagegen ist die Streifung im polarisirten Lichte schwach. Auffallenderweise ist die Auslöschungsschiefe auf M eine sehr geringe (1—1,5 %), was bei ausschliesslich optischer Untersuchung des Präparates auf Oligoklas schliessen liesse. — Doch spricht die leichte Zerlegbarkeit des Feldspaths durch Salzsäure sowie die sehr geringe Natronmenge für einen unreinen Anor-

¹ LAGORIO, Vergleichend petrographische Studien über die massigen Gesteine der Krym. Dorpat. Inaug.-Diss. 1880. S. 53.

thit. Der hohe Si O₂-Gehalt würde sich durch den Reichthum an Glaseinschlüssen erklären lassen.

Von den Pyrogeniten ist sowohl Augit als Hornblende vorhanden. Der Pyroxen gehört zwei verschiedenen Species an: einige Krystalle sind hellgrasgrün, einschlussfrei, zum Verwechseln dem Smaragdit der Gabbrogesteine ähnlich, — andere dagegen tragen, ebenso wie die prismatischen Hornblendekrystalle alle Charaktere der andesitischen Pyrogenite an sich.

Der Olivin findet sich in der Form grösserer Einsprenglinge von 3—15 mm Durchmesser und zeichnet sich, trotz der begonnenen Zersetzung des Gesteins, welche durch den hohen Wassergehalt und die Gegenwart von Chlorit in der Grundmasse bewiesen wird — durch ungewöhnliche Frische aus. Er führt keinerlei fremde Einschlüsse und ebensowenig Zersetzungsprodukte.

Der grünlichweise dünnfaserige Serpentin durchsetzt das Gestein in schmalen Adern.

Die reichlich vorhandene schwarze Grundmasse besteht aus einem braunen Glase, wasserhellen, ungestreiften Plagioklasnadelchen, und ungemein reichlich vertheilten, gestriekt angeordneten Magnetitkrystallen. Sie gleicht vollkommen der Grundmasse der Basalte von Stahlberg und Itterberg in Hessen, sowie derjenigen einiger schwedischer Basalte. Der niedrige Si O₂-Gehalt und der ungewöhnliche Reichthum an Eisenoxyden unterscheidet das Gestein von Agua clara von den paläolithischen Melaphyren, während der saussuritartige Feldspath eine Verwandtschaft mit denselben aufweist. Am nächsten steht demselben das von LAGORIO analysirte Gestein aus dem Thale der Alma in der Krym¹.

Am linken Ufer des Rio Chimbo, 2 Stunden oberhalb der Brücke und Eisenbahnstation, in der Nähe der Hacienda San Pablo erhebt sich am Wege ein grünlichgrauer Fels, welcher aus einem eigenthümlichen, breccienartigen, in steil aufgerichtete, dicke Platten zerfallenden Gesteine besteht. Man erkennt im Handstücke neben einer grünlichgrauen, dichten Grundmasse zahlreiche eckige oder abgerundete Bruch-

¹ LAGORIO op. cit. S. 53.

stücke verschiedener vulkanischer Gesteine, von 2—15 mm im Durchmesser. Die Gesteinsfragmente sind sämmtlich an den Rändern zu einer hornsteinartigen Masse umgeschmolzen. Unter dem Mikroskope erscheint die Grundmasse als ein mikroskopisch grobkörniges Gemenge von Feldspathmikrolithen und einem hellgrünen, chloritischen Mineral, welches in unregelmässigen Putzen und Lappen das ganze Gestein durchsetzt. Die Feldspathmikrolithe, welche die Hauptmasse des Magmas bilden, zeigen eine schöne Fluidalstructur um die porphyrisch eingebetteten Fragmente verschiedenartiger andesitischer Laven, unter denen sowohl porphyrische als glasige, krystalline und bimsteinartige, schwarze und weisse Abänderungen nebeneinander vorkommen. Auffallender Weise fehlt Augit überall; dagegen tritt stets ein grünes chloritisches Mineral auf. — Die chemische Analyse des Gesteins ergibt:

II.	
SiO ₂	= 53,64
Al ₂ O ₃	= 15,04
FeO	= 11,00
CaO	= 8,28
MgO	= 2,98
Na ₂ O	} = 4,81
K ₂ O	
H ₂ O	= 4,25
Spec. Gew.	= 2,732.

Ähnliche Trümmergesteine beschreibt LAGORIO vom Gipfel des Kasbek und Ararat¹ und GÜMBEL vom Illinisa in Ecuador².

Alausi.

Die vulkanische interandine Region des Hochplateaus von Quito nimmt das ganze Areal zwischen den zwei Cordilleren von Ecuador ein, und reicht südlich nach WOLF³ bis zum Rio Leon, d. h. bis zur Grenze der Provinzen Azuay und Loja (3° 30' S. Br.) hin, — nördlich aber weit

¹ LAGORIO, Die Andesite des Kaukasus. Inaug.-Diss. Dorpat 1878. S. 36.

² GÜMBEL, Nachträge zu den Mittheilungen über die Wassersteine (Enhydros) von Uruguay und über einige süd- und mittelamerikanische sog. Andesite. Sitzb. d. mathem.-physik. Classe d. k. b. Akad. d. Wiss. in München. 1881. H. III. S. 354.

³ WOLF op. cit. II (Azuay). S. 14.

hinaus über die Grenzen der Ecuadorianischen Republik. Sie wird aus lichtgrauen bis schwarzen Andesiten, andesitischen Tuffen sowie deren Zersetzungsprodukten aufgebaut.

Eine der interessantesten Localitäten dieser Region, welche dem Beobachter eine reichliche Serie vulkanischer Produkte liefert, ist die Umgegend des Städtchens Alausi (2° 11' S. Br. 81° 18' W. L. von Paris), Hauptstadt des Cantons desselben Namens, in einem tiefen Querthale der Westcordillere gelegen, worin der Gebirgsstrom Rio de Alausi und weiter unten der Rio Chanchan, Nebenfluss des Rio Chimbo fliesst. Das Thal verjüngt sich merklich unterhalb Alausi (7500' über d. M.), und ist von hohen steilen felsigen Böschungen begrenzt.

Das von mir untersuchte Gebiet umfasst zuerst den von den neu eröffneten Wegen nach Puente de Chimbo und Galte getroffenen Andesitwall zwischen den Haciendas Allpachaca und Zechzech, etwa 2 Stunden nördlich von der Stadt, ferner den von vulkanischen Exhalationen durchzogenen Boden der Umgegend des Städtchens selbst, NW. bis zum Ticsan viejo und den Schwefelgruben der Cerro de Azufre, sowie zuletzt den südlichen Rand des Chanchanthales von Alausi nach W. bis zur Hacienda de Quabalcon und dem darüber herrschenden Kegel des Cerro de Puñay (Cerro de Guabalcon auf WOLF's Karte¹).

In den nachstehenden Zeilen werden wir die Familie der Andesite, dem Vorschlage LAGORIO's² und GÜMBEL's³ folgend, als ein genetisch zusammenhängendes Ganze betrachten, ohne die naturwidrige Eintheilung in Augit- und Hornblende- resp. Glimmerandesite einzuführen.

Für die Andesitfrage haben sich viele hervorragende Petrographen interessirt, trotzdem ist sie aber bisher noch immer nicht definitiv gelöst, in Folge der Unzureichlichkeit der angewandten Untersuchungsmethoden. Denn es ist hervorzuheben, dass weder die chemische Analyse allein, noch weniger die mikroskopische, noch endlich beide zugleich voll-

¹ WOLF, Mapa del Ecuador. Provincias del Guayas y de los Rios con algunas partes de las provincias limitrofes. Guayaquil y Lima 1882.

² LAGORIO, Andesite d. Kaukasus. S. 7.

³ GÜMBEL op. cit. S. 366.

kommen sichere Aufschlüsse über die Natur der mineralogischen Bestandtheile eines massigen Gesteins geben können. Die massgebenden Verhältnisse der porphyrischen Ausscheidungen zum ausscheidenden Magma bleiben uns bei Anwendung beider Methoden fremd. Es genügt über den Plagioklas und Augit hinzuweisen, unter welchem Namen die Mikroskopiker so sehr chemisch verschiedene Mineralien, wie Mikroklin, Albit und Anorthit einerseits, Diopsid und Akmit andererseits zusammenzufassen pflegen. Weiter erinnern wir an die übliche Berechnung der Quarzmenge in saueren Andesitgesteinen, welche gar keinen Quarz, wohl aber ein saures Glas enthalten, oder des Kaligehaltes auf Orthoklas, während letzterer in natronreichen Gesteinen erhebliche Mengen von Natron enthält¹, der Plagioklas dagegen öfters sehr kalireich ist u. s. w.

LEOPOLD v. BUCH hat den Namen Andesit zuerst für die vulkanischen Gesteine der Anden eingeführt, bei denen er eine Zusammensetzung aus Albit und Hornblende vermuthete². G. ROSE glaubte in dem Feldspath dieser Gesteine Oligoklas zu erkennen. ROTH versteht unter Andesit oligoklashaltige, sanidinfreie, trachytartige Gesteine, LAGORIO alle vulkanischen Gesteine, welche neben Plagioklas Augit, Hornblende oder Glimmer enthalten.

So blieb denn die Frage bis heutzutage gestellt, bis die sinnreichen mechanischen Untersuchungsmethoden von THOULET und FOUQUÉ ein neues Licht auf die Gesetzmässigkeit der innern Struktur der vulkanischen Gesteine zu werfen gestatteten. Nachstehendes soll einen Beitrag zur näheren Kenntniss der typischen Andesite von Ecuador liefern, bei deren Untersuchung ich stets von der mechanischen Isolirung der Gesteinselemente ausgegangen bin.

Ogleich zahlreiche Analysen den porphyrischen Plagioklas der Andesite für Andesin längst erkannt haben³, schwanken noch immer die Begriffe der Petrographen, indem

¹ ROTH, Allgemeine und chemische Geologie. Bd. I. 1. 14.

² G. v. RATH, Zeitschr. deutsch. geolog. Ges. 1875. XXVII. 318.

³ FRANCIS, Pogg. Ann. LII. S. 471. GÜMBEL op. cit. S. 343 u. 362. v. RATH, Sitzb. d. Niederrh. Gesellsch. in Bonn. 1873. S. 3. HAGUE a. IDDINGS, Americ. Journ. of Sciences and Arts. XXVI. S. 222. Dies. Jahrb. 1884. I. 227. LAGORIO, Andesite des Kaukasus. S. 14.

man diesen Feldspath meist auf Grund optischer Prüfung bald für Oligoklas, bald für Labradorit, bald für Anorthit hält. Die an den kalireichen Plagioklasen von Pantellaria angestellten Untersuchungen von H. FÖRSTNER¹ haben aber deutlich gezeigt, dass sobald ein Theil des Natronfeldspaths durch das entsprechende Kalisilicat ersetzt wird, wie dieses bei den andesitischen Feldspathen stets der Fall ist, die Auslöschungsschiefen auf M eine ganz andere Lage besitzen, als die dem reinen Kalknatronfeldspathe entsprechende. — Thatsächlich liegen, wenigstens in den südamerikanischen Andesiten, welche dort selbstverständlich als typisch anzusehen sind, stets 2 meist kalihaltige Plagioklase aus der Andesinreihe vor: ein basischer, $Ab_1 An_1$ und ein saurer, $Ab_2 An_1$, nebst einer saueren, aus einem Gemenge von Oligoklassubstanz mit amorpher SiO_2 bestehender Glasbasis. Bei sehr sauren Andesiten, wie bei IX und den kaukasischen Gesteinen, ist auch der Feldspath saurer: der porphyrisch ausgeschiedene gehört der Mischung $Ab_2 An_1$ an, während der mikroporphyrische wahrscheinlich ein Oligoklas ist. — Zu ganz ähnlichen Resultaten sind HAGUE und IDDINGS² gekommen, die entsprechenden Analysen füge ich unten zum Vergleiche hinzu.

Die Eintheilung in Augit- und Hornblende-, resp. Glimmerandesite scheint ihren Grund in dem verschiedenen Grade der Acidität dieser Gesteine zu haben, indem man gewöhnlich die sauersten Glieder zu den Hornblendeandesiten, basischere zu den Augitandesiten rechnet. Indessen variirt der SiO_2 -Gehalt an einem und demselben Lavastrome in sehr weiten Grenzen, und die Ausscheidung von Augit und Hornblende aus dem Magma steht mit der Acidität desselben kaum im Zusammenhange. Es ist nicht zu leugnen, dass sich Hornblende häufiger in sauren als in basischen Andesiten findet, doch ist auch das Gegentheil nicht selten, da man saure Andesite kennt, welche neben freier SiO_2 Augit und sogar Olivin,

¹ FÖRSTNER, Über die Feldspäthe von Pantellaria. Zeitschr. für Krystallographie etc. Bd. VIII. S. 125—202. Dies. Jahrb. 1884. II. 171.

² ARNOLD HAGUE a. JOV. P. IDDINGS, Notes of the volcanoes of northern California, Oregon a. Washington territory. Am. Journ. of Science. vol. XXVI. Dies. Jahrb. 1884. I. -227-.

aber keine Hornblende enthalten¹. Dagegen enthält der Augitfreie Hornblendeandesit von Szczawuica in Galizien nur 58 % SiO_2 ². Unter den vier analysirten Handstücken desselben Gesteins (III—VI), welche auf einer Strecke von kaum 10 Schritt gesammelt worden sind, enthält III bei einem SiO_2 -Gehalt von 62 % und sp. G. = 2,664 neben viel Augit gar keine Hornblende, während in V (sp. G. = 2,561) letztere in reichlicher Menge vorhanden ist und Augit fehlt. In den SiO_2 -ärmeren Proben IV, VI, VII und VIII treten beide Mineralien nebeneinander in wechselnden Mengenverhältnissen auf. Es ist in dieser schönen Serie typisch ausgebildeter Andesitgesteine gar nichts von der von HAGUE und IDDINGS behaupteten gesetzmässigen Reihenfolge der Ausscheidungen von Augit, Hornblende und Glimmer mit steigender Acidität der Gesteine wahrzunehmen³. Es fällt demnach jenes Kriterium weg und wir müssen, trotzdem viele Petrographen, vor allen ROSENBUSCH, eine Analogie zwischen den Andesiten und den paläolithischen Plagioklasgesteinen sehen wollen, bei denselben, ebenso wie bei den Trachyten und Basalten, mit denen die Andesite ja viel näher verwandt sind, die Classification nach dem Vorwalten des Augits oder der Hornblende, als den natürlichen Verhältnissen widersprechend, aufgeben.

Es ist noch daran zu erinnern, dass die Hornblende des paläolithischen Gesteins grösstentheils unzweideutige Zeichen einer secundären Entstehung aus Augit auf hydrochemischem Wege erkennen lässt, während die schön krystallisirten Amphibole der jüngeren Eruptivgesteine ohne jeglichen Zweifel ebenso wie der Augit und Hypersthen derselben aus Schmelzfluss entstanden sind. Aus derselben Schmelze kann sich aber je nach den Umständen ebensowohl Hornblende als ein rhombischer oder monokliner Pyroxen von ähnlicher Zusammen-

¹ LAGORIO, Andesite des Kaukasus. S. 27. — ZIEGENSPECK, Über die Gesteine des Vulkans Jate in Westpatagonien. Inaug.-Diss. Jena. 1883. Dies. Jahrb. 1884. II. -58-. DOMEYKO, Annales des Mines. T. IX. 1856. S. 150.

² STRENG, Pogg. Ann. 90. 1853. S. 117.

³ Notes of the volcanic rocks of the Great bassin. Americ. Journ. of Sciences. XXVII. 1884. No. 162. Dies. Jahrb. 1884. II. 351.

setzung ausscheiden — nach dem Umschmelzen gehen die ersteren Mineralien in monoklinen Augit über¹. Die Analysen IV b IV c und XII b zeigen eine grosse Analogie in der Zusammensetzung der drei erwähnten Mineralien in den Andesitgesteinen von Ecuador. Meiner Ansicht nach spricht diese Erscheinung in Verbindung mit der Thatsache, dass man leicht Augit künstlich darstellen kann, nicht aber Hornblende — sowie das Vorhandensein eines angeschmolzenen Opacitrandes bei sämtlichen andesitischen Hornblendekrystallen, welcher nur in den Krystallen der basaltischen und andesitischen Tuffe und Aschen zu fehlen pflegt, dafür, dass Hornblende in der Tiefe bei starker Durchtränkung des Magmas mit überhitzten Wasserdämpfen und hohem Drucke entsteht, während Augit sich an der Oberfläche beim Erkalten des trockenen Magmas ausscheidet. Die opacitische Umrandung der Hornblendekrystalle entsteht durch Einwirkung des trockenen (von den krystallbildenden Wasserdämpfen befreiten) feurigflüssigen Magmas auf die in demselben schwimmenden Krystalle, während Augit dabei ebenso wie der Feldspath unverändert bleiben. Die experimentellen Versuche von BLEIBTREU und DOELTER² rechtfertigen unsere Annahme vollständig. Bekanntlich sind auch die basischen, ruhig fliessenden Magmen, in denen sich Augit mit Vorliebe ausscheidet, viel weniger mit Wasserdämpfen durchtränkt als die sauren, welche meist viel Hornblende enthalten³.

Von den oben angeführten Definitionen der Andesite ist diejenige von LAGORIO die richtigste, nur wäre noch die Acidität über 55 % SiO_2 hinzuzufügen, da sonst auch die nahe verwandten Feldspathbasalte, besonders die olivinfreien, in den Begriff fallen würden.

Wir stellen auf Grund unserer Untersuchungen folgende Diagnose für die interessante Andesitgruppe: neutrale oder

¹ DOELTER u. HUSSAK, dies. Jahrb. 1884. I. 23—25. RAMMELBERG, Handbuch d. Mineralchemie. 1875. II. 394.

² BLEIBTREU, Beiträge zur Kenntniss der Einschlüsse in den Basalten. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Gesellsch. Bd. 35. 1883. S. 489—556. DOELTER u. HUSSAK op. cit. S. 18.

³ REYER, Beitrag zur Physik der Eruptionen und der Eruptivgesteine. S. 87—88.

saure Plagioklasgesteine mit wenigstens 55 % SiO_2 , von theils trachytischem, theils basaltischem oder phonolithischem Habitus, welche porphyrisch ausgedehnten Andesin, neben einem eisenreichen Pyroxen, Hornblende oder Glimmer in einer Grundmasse führen, die wesentlich aus einem sauren Andesin oder Oligoklas und einem sauren Glase (Gemenge von Oligoklassubstanz mit amorpher SiO_2), zu denen sich noch zuweilen mikroskopischer Pyroxen gesellt, besteht¹.

Aus diesem Begriffe geht hervor, dass die Andesite einerseits durch Steigen des Kaligehaltes und Ausscheidung von Sanidin in Trachyte, andererseits durch Sinken des SiO_2 -Gehalts und Zunahme von MgO (resp. FeO) und CaO in Feldspathbasalte übergehen. Es zerfallen demnach die Andesite in zwei natürliche Gruppen, 1) trachytische 2) basaltische Andesite mit basaltischem oder phonolithischem Habitus². In den Anden herrscht beinahe ausschliesslich der trachytische Typus, da die von GÜMBEL zu den basaltischen Andesiten gestellten Laven der Tungurahua sich nur durch ihre schwarze Färbung von den trachytischen unterscheiden, während ihr geringes spec. Gew. (2,5—2,7) und die Acidität, welche bei manchen Handstücken bis 66 % SiO_2 steigt, dieselben zu den trachytischen Andesiten stellen lässt. Sanidingesteine fehlen, so viel bekannt, ebenso wie echte Basalte auf der ganzen Strecke der vulkanischen interandinen Region von Panama bis zur Maghellanstrasse. Die Gesteine des zweiten, basaltischen Typus (Trachydolerite), welche sich durch ein hohes spec. Gew. (bis 2,86) und geringen SiO_2 -Gehalt (54—56 %) auszeichnen, sind typisch in der grossen mediterranen Depression, namentlich am Isthmus von Panama, den kleinen Antillen und Azoren entwickelt, merkwürdiger Weise stets im innigen Verbande mit Lipariten und olivinfreien Feldspathbasalten.

¹ Ein Urtheil über die sog. „vollkrystallinen“ Andesite behalte ich mir vor, da mir augenblicklich kein Material zur Disposition steht. Die seltenen bisher beschriebenen Vorkommnisse enthalten Quarz oder Tridymit. Sie könnten daher nur als eine weitere Individualisirung der Grundmasse in Oligoklas und Quarz angesehen werden.

² GÜMBEL op. cit. S. 365.

Der öfters citirte Sanidin dieser Gesteine ist ein Plagioklas ohne Zwillingsstreifung.

Nach diesem kurzen Ausfluge ins Gebiet der theoretischen Gesteinskunde kehren wir zu unserem Thema zurück und wollen nun zuerst die frischen Andesite der Umgegend von Alausi, deren chemische Zusammensetzung nachstehende Tabelle wiedergibt, besprechen.

III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Porphyrisch, schwarz, mit viel Plagioklas u. Augit. (Zechzech.) Sp. G. = 2,664.	Wie d. vorige, durch Feldspath weiss gesprenkelt (Zechzech.)	Lichtgrau, trachytartig; porphyrisch Plagioklas u. Hornblende. (Zechzech.) Sp. G. = 2,561.	Röthlichbraun, sonst wie IV. (Zechzech.)	Lichtgrau, trachytartig, glasreich. (Carretera de Galte.)	Schwarz, porphyrisch durch vielen Feldspath, Augit und Hornblende. (Alausi.)	Lichtgrau, glasig m. spärlichen ungestreuten Plagioklas-ausscheidungen. (Alausi.) Sp. G. = 2,335.
$\text{SiO}_2 = 62,30$	60,10	62,80	60,34	60,74	60,74	75,71
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 14,46$	15,56	16,36	15,66	20,81	18,86	13,73
$\text{FeO} = 7,71$	7,83	7,11	8,13	4,38	6,49	4,51
$\text{CaO} = 5,35$	5,97	3,63	6,97	6,87	7,69	1,47
$\text{MgO} = 2,14$	1,22	3,05	2,11	1,33	2,59	0,45
$\text{K}_2\text{O} = 1,72$	1,69	0,80	0,90	5,03	3,05	0,61
$\text{Na}_2\text{O} = 4,80$	5,11	4,50	5,12			0,96
$\text{H}_2\text{O} = 0,98$	0,95	1,00	0,87	0,84	0,57	2,00
IV a	IV b	IV c	IV d			
Feldspath.	Augit.	Hornblende.	Glas.			
$\text{SiO}_2 = 55,64$	$\text{SiO}_2 = 55,51$	$\text{SiO}_2 = 56,25$	$\text{SiO}_2 = 68,71$			
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 32,28$	$\text{FeO} = 22,89$	$\text{FeO} = 24,98$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 15,39$			
$\text{CaO} = 7,90$	$\text{MgO} = 13,97$	$(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 4,68$	$\text{FeO} = 4,17$			
$\text{Na}_2\text{O} = 2,84$	$\text{CaO} = 7,63$	$\text{CaO} = 4,68$	$\text{CaO} = 3,30$			
$\text{K}_2\text{O} = 1,34$		$\text{MgO} = 13,72$	$\text{MgO} = 0,61$			
		$\text{Na}_2\text{O} = 0,37$	$\text{K}_2\text{O} = 1,88$			
			$\text{Na}_2\text{O} = 5,08$			
			$\text{H}_2\text{O} = 0,86$			
IX a	IX b	IX c				
Feldspath	Grundmasse	Glas				
$\text{SiO}_2 = 61,58$	$\text{SiO}_2 = 76,12$	$\text{SiO}_2 = 79,19$				
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 25,30$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 17,52$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 9,17$				
$\text{CaO} = 6,08$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 2,52$	$\text{FeO} = 7,41$				
$\text{Na}_2\text{O} = 8,14$	$\text{CaO} = 2,52$	$\text{CaO} = 1,30$				
	$\text{MgO} = 0,47$	$\text{MgO} = 0,48$				
	$\text{K}_2\text{O} = 0,63$	$\text{K}_2\text{O} = 0,25$				
	$\text{Na}_2\text{O} = 0,64$	$\text{Na}_2\text{O} = \text{Spur}$				
	$\text{H}_2\text{O} = 2,10$	$\text{H}_2\text{O} = 2,20$				

Zum Vergleiche fügen wir 2 Analysen von HAGUE und IDDINGS hinzu:

X	X a	X b X c	X d
Hypersthen- andesit aus Californien.	Hypersthen daraus.	Feldspath.	Glas.
Si O ₂ = 62,00	Si O ₂ = 50,33	Si O ₂ = 56,47—56,95	Si O ₂ = 69,94
Al ₂ O ₃ = 17,84	Al ₂ O ₃ = 0,97	Al ₂ O ₃ = 27,39—27,47	Al ₂ O ₃ = 15,63
Fe O = 4,40	Fe O = 22,00	Fe O = 0,69—Spur	Fe O = 1,89
Ca O = 5,37	Ca O = 1,88	Ca O = 9,87—9,10	Ca O = 2,49
Mg O = 2,64	Mg O = 23,29	Mg O = 0,09—0,02	Mg O = 0,28
K ₂ O = 1,47	Mn O = 0,64	K ₂ O = 0,36—0,48	K ₂ O = 0,85
Na ₂ O = 4,29		Na ₂ O = 5,43—5,78	Na ₂ O = 3,83
XI	XI a	XI b	
Dacit von Lossen Peak.	Feldspath.	Glas.	
Si O ₂ = 69,36	Si O ₂ = 65,77	Si O ₂ = 76,75	
Al ₂ O ₃ = 16,23	Al ₂ O ₃ = 21,51	Al ₂ O ₃ = 12,32	
Fe ₂ O ₃ = 0,88	Ca O = 5,72	Fe O = 1,36	
Fe O = 1,53	Na ₂ O = 5,92	Ca O = 1,18	
Ca O = 3,17	K ₂ O = 0,83	Na ₂ O = 3,55	
Mg O = 1,34	H ₂ O = 0,34	K ₂ O = 3,98	
Na ₂ O = 4,06		H ₂ O = 0,54	
K ₂ O = 3,02			
H ₂ O = 0,45			

III, IV, V und VI sind vier Handstücke desselben Gesteins, welche aus dem auf einer Strecke von kaum 10 Meter entblösten Andesitwalle oberhalb der Hacienda Zechzech zwischen Zechzech und Allpachaca in 9500' Höhe stammen. Wir sehen leicht daraus, wie sehr die chemische Zusammensetzung eines Gesteins an einem und demselben Orte je nach dem Vorwalten verschiedener Bestandtheile variiren kann und werden vor den unberechtigten Schlüssen, die man aus dem Vergleiche einer älteren Bauschanalyse mit den Resultaten der an einem anderen Handstücke desselben Gesteins vorgenommenen Untersuchungen ziehen kann, gewarnt. VII ist am gegenüberliegenden Abhange desselben Felsenwalles in derselben Höhe am Wege von Alausi nach Galte gesammelt worden; VIII bildet eine isolirte niedrige Kuppe am rechten Ufer des Rio Alausi gegenüber der Stadt; IX ist ein loses Bruchstück auf secundärer Lagerstätte aus dem vulkanischen Tuffe am linken Ufer des Flusses und trägt die Charaktere eines glasigen Gipfelgesteins an sich.

Die Handstücke sind alle porphyrisch durch Vorwalten des Feldspaths, dessen Krystalle die Grösse von 2—3 mm besitzen; Augit und Hornblende finden sich ebenfalls in wechselnden Mengenverhältnissen porphyrisch ausgeschieden. In III ist reichlich Augit vorhanden, in V fehlt derselbe, — dagegen ist Hornblende recht zahlreich vertreten, welche in ersteren fehlt; in IV, VI und VIII sind beide zugleich in erheblicher Menge vorhanden, in VII treten sie stark zurück, wie dieses auch der niedrige FeO-Gehalt anzeigt; in IX fehlen sie schliesslich vollständig. Die Grundmasse besitzt eine bald lichtgraue (V, VII, IX), bald schwarze (III, IV, VIII), bald röthliche (VI) Färbung.

Unter dem Mikroskope erscheint der porphyrische Plagioklas (IV a) dieser Gesteine farblos, rissig, mit scharfen Umrissen und deutlicher Zwillingsstreifung im polarisirten Lichte. Die Auslöschungsschiefe auf M beträgt 25 %. Öfters ist eine zonare Structur (III) zu sehen, wodurch Gitterstreifung entsteht. Die meisten Individuen enthalten eine parallel dem Krystallrande laufende, schmale Umrandung aus Augitmikrolithen und Glaspartikeln (wahrscheinlich secundär). Bei starker Vergrösserung erscheint der Plagioklas von Schwärmen winziger, länglicher oder runder Glaströpfchen durchzogen; selten sind längliche, farblose Apatitnadeln (III). Die Glaseinschlüsse sind sehr verschieden ausgebildet — bald sind es feine Tröpfchen, welche zu wolkenartigen Aggregaten angehäuft die Krystalle durchziehen, bald grössere grünliche Fetzen, welche zonenartig entweder im Inneren der Krystalle, wie im Leucit, oder an deren Rändern sich anhäufen; bald längliche, trichitische Gebilde und farblose gewundene oder gerade Belonite. Viele dieser letzteren häufen sich zu Figuren an, welche an die bekannten Bostrychusgänge der Föhren- und Fichtenrinde erinnern. An mehreren Präparaten habe ich die Umwandlung des Feldspaths in gelblichen Epidot constatiren können. Neben den grösseren Plagioklasausscheidungen, an Menge theils demselben gleichstehend (III), theils zurücktretend (V), findet sich noch ein zweiter Plagioklas aus der Andesingruppe ausgeschieden, welcher sich schon durch sein optisches Verhalten von den oben beschriebenen unterscheidet. Die Dimensionen der Krystalle sind viel geringer,

die Auslöschungsschiefe = 12 %, zerbrochene und geknickte Individuen fehlen. Glaseinschlüsse erfüllen meist die Feldspathsubstanz vollständig, wie im Plagioklase der Basalte und Andesite von Martinique¹. Die Krystallränder sind häufig angeschmolzen und die Feldspathsubstanz verfließt allmählich mit der Grundmasse durch ein filzartiges Gewebe von farblosen Plagioklasnadeln und Magnetitkörnchen. Grössere Partien der Grundmasse finden sich in dem Feldspath eingeschlossen und zeichnen sich durch eine viel vollkommene Individualisierung der Bestandtheile als in dem umgebenden Magma aus.

Im glasigen Gesteine IX ist der porphyrisch ausgeschiedene Feldspath scheinbar monoklin, da er unter dem Mikroskope viereckige, im polarisirten Lichte ungestreifte Durchschnitte liefert — nach der Analyse IX a ist er aber ein sehr reiner Andesin von der Zusammensetzung Ab_2An_1 , ähnlich dem porphyrischen Andesine vom Kasbek². Derartige einfache Plagioklasindividuen sind schon durch die schönen Untersuchungen von Fouqué an den Santorinlaven bekannt.

In einigen Handstücken herrscht Augit, in anderen Hornblende vor; meistentheils sind beide zugleich vorhanden. Der Augit bildet länglich säulenförmige Krystalle der Combination $\infty P, P, \infty P\infty$. Auf Schnitten, welche parallel zur Klinodiagonale liegen, besitzen die Augite eine Auslöschungsschiefe gegen die Prismenkante = 44,9 % als Mittel von 12 Messungen — während die zahlreichen zur Orthodiagonale parallelen Schnitte die optische Orientirung eines rhombischen Minerals darbieten, was wohl das angebliche Vorkommen von Hypersthen in sehr vielen Andesiten erklären mag. Die grosse Auslöschungsschiefe erklärt sich durch den hohen Eisengehalt, wie dieses durch die neueste Arbeit DOELTER'S³ bewiesen worden ist. DOELTER giebt für den 26 % $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ enthaltenden Augit von Schima die Auslöschungsschiefen 46 und 40,11, also im Mittel 43,05 %, sehr nahe dem von mir gefundenen Werthe, an. Die Färbung der Augite im Dünnschliffe

¹ Verf., Die geognostischen Verhältnisse der Insel Martinique. Inaug.-Diss. Dorpat 1884. Taf. II. Fig. 7. Dies. Jahrb. 1885. I. 43.

² LAGORIO op. cit. S. 14.

³ Dies. Jahrb. 1885. I. 59.

ist eine blässröthlichbraune bis blässgrünliche; die Krystalle sind dichroitisch, rissig und enthalten Glaspartikel, Magnetitkörner und farblose, in rosenkranzförmigen Aggregaten geordnete Belonite eingeschlossen. Zwillinge sind nicht selten. Manchmal sind grössere Augitkrystalle aus Mikrolithen aufgebaut.

Die Hornblende unterscheidet sich leicht vom Augit durch ihre dunkle, ölgrüne oder tombakbraune Färbung, sowie durch den Mangel an Pleochroismus und die sehr deutliche prismatische Spaltbarkeit. Die porphyrisch ausgeschiedenen Hornblendekrystalle haben stets abgerundete Umrisse und sind mit einem opacitischen Rande versehen; sie umschliessen öfters grosse Partien der Grundmasse, was bei den Augiten niemals der Fall ist. Die erwähnten Einschlüsse der Grundmasse bilden öfters den Kern eines grösseren Amphibolkrystalles und lösen sich unter dem Mikroskope in ein Aggregat von Feldspath und Augitmikrolithen auf, welche sämmtlich zur Hauptaxe des Amphibolkrystalles parallel geordnet liegen. Im glasreichen Gestein IX fehlen beide Pyrogenite vollständig, was leicht dadurch erklärlich ist, dass die Gipfelgesteine, zu denen dieses Handstück höchst wahrscheinlich gehört, mehrfach umgeschmolzen worden sind, wobei Augit und Hornblende am leichtesten glasig werden. LAGORIO theilt mit, dass beim Glühen eines mikroskopischen Andesitpräparates der Augit verschwindet, während Feldspath unverändert bleibt¹. — Die Hornblende dieser Gesteine wird viel leichter von einem starken Electromagneten angezogen, als der Augit, was mir deren mechanische Trennung ermöglichte. Die Analysen IV b und IV c stellen ihre chemische Zusammensetzung dar.

Die dunkel bis hellgraue Grundmasse, welche bei schwacher Vergrösserung vollkommen amorph erscheint, lässt bei starker Vergrösserung neben vorwaltendem Glase feine farblose Feldspathleistchen und Magnetitkrystalle erkennen. Die relative Menge der glasigen Mesostasis bedingt die Acidität der Gesteinsprobe, da dieselbe den sauersten Bestandtheil dieser Gesteine repräsentirt.

¹ LAGORIO, Andesite des Kaukasus. S. 26.

Das Thal des Rio de Alausi wird von der Südseite von einem steilen vulkanischen Felsenwalle begrenzt, welcher als einer der letzten Ausläufer des Vulkans Azuay von Alausi nach W. über Chunchi nach Suscal auf einer Strecke von etwa 30 Kilometer verläuft. Zu oberst, bei Alausi, wird er gebildet von vulkanischen Tuffen und Conglomeraten, welche aber bald in compacte Andesite übergehen, die sich durch stellenweise prismatische, stellenweise plattenförmige bis schieferige Absonderung auszeichnen. Zwei Meilen unterhalb der Stadt, am Zusammenflusse des Rio de Alausi und Rio Chanchan begegnen wir einem dunkelgrauen, dioritähnlichen schieferigen Andesite, welcher sich bei näherer Untersuchung als ein typischer Hypersthenandesit erweist. Unter der Lupe erkennt man glänzende Plagioklase von 1—3 mm. Länge und grünlich-schwarze schillernde Hypersthenkrystalle von etwa denselben Dimensionen, nebst einer schwarzgrauen Grundmasse. Das spec. Gew. des Gesteins wurde gleich 2,678 gefunden. Die chemische Analyse ergibt folgende Resultate:

XII	XII a	XII b
Bauschanalyse.	Grundmasse.	Hypersthen.
Si O ₂ = 55,64	Si O ₂ = 56,83 ^(aus. d. Verlust)	Si O ₂ = 48,88
Al ₂ O ₃ = 21,45	Al ₂ O ₃ } = 24,60	Fe O = 26,42
Fe ₂ O ₃ = 5,41	Fe ₂ O ₃ }	Mg O = 17,44
Fe O = 6,58	Ca O = 5,00	Ca O = 0,25
Mn O = Spur	Mg O = 2,01	
Ca O = 5,59	K ₂ O = 2,82	
Mg O = 3,10	Na ₂ O = 8,45	
K ₂ O = 1,60		
Na ₂ O = 3,08		

Der Feldspath enthält 55 % SiO₂, ist also ein basischer Andesin. Der Pyroxen des Gesteins besitzt die optischen Eigenschaften eines rhombischen Minerals und stimmt in seiner chemischen Zusammensetzung mit dem sehr eisenreichen Hypersthen vom Laacher See (No. 19 von RAMMELSBURG) beinahe vollkommen überein. Er bildet kurz säulenförmige Krystalle der Combination ∞P. P. oP, häufig sind Zwillinge zu erkennen. Die Farbe des Hypersthens in den dünnsten Stellen des Präparats ist grasgrün bis gelblichgrün, in dickeren Schichten wird er wenig durchsichtig und besitzt einen bläulichen Schiller. Von fremden Einschlüssen enthält

er viel Magneteisen. Bei starker Vergrößerung (3×7 von HARTNAK) tritt die feinfaserige Structur des Minerals deutlich hervor. Öfters sind die Krystalle zerbrochen. Spaltbarkeit nach ∞P deutlich. Der porphyrische Plagioklas ist von feinen Rissen durchzogen und erscheint trotz des Mangels an fremden Einschlüssen molekular getrübt. Die Grundmasse besteht aus einem grauen, schwarz gekörnelt, mit farblosen Plagioklasnadeln durchspickten Glase.

In einer früheren Mittheilung über dasselbe Gestein (dieses Jahrbuch 1885. Bd. I. S. 155) habe ich aus dem hohen Kaligehalt irrthümlich auf die Gegenwart von Sanidin geschlossen. Auch scheint in der Grundmasse (Anal. XII a) der Natrongehalt etwas zu hoch, dementsprechend auch der aus dem Verluste berechnete Werth für SiO₂ etwas zu niedrig zu sein.

Zu den frischen Andesiten dieser Region gehört ein Handstück, welches vom Fusse des kegelförmigen Berges Cerro de Puñay (10 000') bei der Hacienda Guabalcon stammt. Es ist dies ein lichtgraues trachytisches Gestein mit porphyrisch ausgeschiedenem Plagioklas und prachtvollen, bis 1 cm. langen dunklen Hornblendesäulchen. Im Dünnschliffe sind diese letzteren dunkel ölgrün, stets mit einem opacitischen Rande versehen, während letzterer bei den spärlichen porphyrisch ausgeschiedenen Augiten überall fehlt. Ich habe schon früher Gelegenheit gehabt, darauf aufmerksam zu machen, dass sich diese Erscheinung regelmässig wiederholt, sobald Augit neben Hornblende in jüngeren Eruptivgesteinen porphyrisch ausgeschieden wird. So schön wie im Andesite von Puñay sieht man jedoch die beiden Mineralien nebeneinander selten — man könnte denselben nur mit dem von FOUQUÉ und MICHEL-LÉVY auf Tafel XXIX des Prachtwerkes „Minéralogie micrographique“ abgebildeten französischen Gesteine vergleichen. Das Vorkommen der beiden zuletzt beschriebenen Andesitgesteine im Thale des Chanchanflusses widerspricht der Angabe von WOLF¹, der Azuay sei von dieser Seite von einem älteren „Porphyrywall“ begrenzt, welchen die vulkanischen Gebilde nicht überschreiten; denn der

¹ WOLF op. cit. II (Azuay). S. 76.

erwähnte Felsenwall ist selbst vulkanisch, und ebenso finden sich vulkanische Gebilde auch weiter nördlich am rechten Ufer des Flusses. Als „Porphy“ wird der soeben beschriebene Hypersthenandesit bezeichnet.

An vielen Stellen, besonders in der nächsten Umgebung von Alausi sind die Andesite durch Einwirkung von zahlreichen Solfataren mehr oder weniger zersetzt. Wir wollen den Prozess dieser Zersetzung zuerst am Hypersthenandesite XII verfolgen. Als erstes Product der Solfatarenwirkung auf denselben erscheint ein weisses, feinkörniges bis erdiges, kalksteinähnliches Gestein, welches im Dünnschliffe zerstreute Feldspathkörnchen und spärliche Reste von aufgelösten Hypersthenkrystallen in einer amorphen Masse erkennen lässt. Die Zusammensetzung des Gesteins ist folgende:

XIII		
Si O ₂	=	56,49
Al ₂ O ₃	}	= 30,11
Fe ₂ O ₃		
Ca O	=	4,11
Mg O	=	Spur
K ₂ O	=	1,34
Na ₂ O	=	2,52
H ₂ O	=	6,92

Durch concentrirte Salzsäure werden 38,19% des Gesteins zersetzt; der zersetzte Antheil besteht aus 10,73 Fe₂ O₃ + Al₂ O₃, 0,49 CaO und 26,97 SiO₂. Daraus können wir schliessen, dass die Grundmasse des Andesites zuerst angegriffen und in ein wasserhaltiges Thonerdesilicat umgewandelt wird, nebst Ausscheidung von amorpher SiO₂. Hypersthen wird vollständig zersetzt, wie dieses das spurenhafte Vorhandensein von MgO beweist. Der Feldspath widersteht am längsten der Einwirkung der Solfataren.

Als Endproduct der Zersetzung erscheint ein gelblichweisser Thon mit Gypskrystallen und Krusten.

In einem grossartigen Maasstabe sind derartige Thone in der nächsten Umgegend von Alausi sowie auch weiter nach N. bis Guamote entwickelt. Das frische Material stellen die Gesteine III bis IX dar. Das Endproduct der Zersetzung

ist wiederum ein gelblichweisser lockerer Thon mit Gypskrystallen, welcher an beiden Ufern des Flusses oberhalb Alausi typisch entwickelt ist. Durch Wasser wird diesem Thone 29,78% entzogen und besteht der lösliche Theil aus:

XIV		
SO ₃	=	37,88
Al ₂ O ₃	=	7,23
Fe ₂ O ₃	=	13,57
Ca O	=	12,84
Mg O	=	1,63
H ₂ O	=	47,00
Cl	=	Spur

Berechnen wir den Kalk auf Gyps, die nachbleibende SO₃ auf Alaun, so bekommen wir 39,40% Gyps und 45,09 Magnesiaalaun. Das Eisen ist zum Theil im Alaun enthalten, zum Theil aber als in H₂O lösliches Eisenoxydhydrat. Aus dem Rückstande nach dem Ausziehen mit Wasser lässt sich noch durch HCl 4,37% Eisenoxyd entfernen und bleibt ein feiner Thon von der Zusammensetzung XV zurück,

XV		
Si O ₂	= 63,89
Al ₂ O ₃	}	= 25,29
Fe ₂ O ₃		
Ca O	= 1,56
Mg O	= 1,62
H ₂ O u. org. Subst.	= 6,81

welcher das Material zur Bildung des im Hochlande von Ecuador so sehr verbreiteten mehrlartigen vulkanischen Tuffes, des Cangagua, liefert. Ausser Gyps und Alaun findet man in diesem Thone am rechten Ufer des Flusses gegenüber der Stadt Alausi Drusen von Quarzkrystallen der gewöhnlichen Combination R, —R, ∞R.

Eine Stunde oberhalb der Stadt erhebt sich am rechten Ufer des Flusses ein gelblichweisser, dichter, mit Schwefel imprägnirter Quarzitefels, welcher an angeschliffenen Flächen noch deutlich trübe viereckige Flecken erkennen lässt — Spuren des zersetzten Feldspaths. Er ist daher ebenfalls ein Product der Einwirkung von Schwefeldämpfen auf den Andesit, welcher sämtliche lösliche Bestandtheile bis auf 1,43% Thonerde und Eisenoxyd verloren hat. Die zurückgebliebene

SiO₂ ist durch weitere Einwirkung der Dämpfe krystallinisch geworden. Der äusserst feinkörnige (auch unter dem Mikroskope) anscheinend dichte Quarzit enthält eingesprengt feine Schwefelpartikel, welche in den reinsten Handstücken wenigstens 1 % des Gesteins ausmachen. Am Gipfel des einige hundert Fuss hohen Felsens befindet sich eine reiche Schwefelgrube, in der sich Schwefel in der Form wachsgelber Krystalle, Nester und grünlicher Krusten befindet. Das specif. Gew. des Gesteins ist = 2,716.

Gegenüber der Schwefelgrube auf der linken Seite des Flusses, etwas südlich vom Ufer liegen malerische Felsen von milchweissem bis fleischrothem, sehr leichtem (sp. G. = 1,859) Porcellanjaspis — an der Stelle, wo vor Jahren das Städtchen Ticsan gestanden hat, welches durch einen heftigen Erdsturz 1793 spurlos verschüttet worden ist.

Zwischen den eben besprochenen Jaspisfelsen und dem um $\frac{1}{2}$ Kilometer davon entfernten Flussufer liegen mehrere kleine Seen und Moräste (Lagunas de Ticsan), wovon einige so stark durch das den umgebenden Felsen entzogene Eisenoxyd gesättigt worden sind, dass man dieselben schon aus der Ferne als braunrothe ockerige Flecken im Flussthale erblickt. Ein kleiner Nebenfluss des Rio Alausi von der rechten Seite verdankt sogar seinen Namen (Rio amarillo = gelber Fluss) dem Reichthum an Eisenoxyd, welcher sämtliche Rollsteine in seinem Bette mit einer gelben ockerigen Kruste überzogen hat.

Wir kommen jetzt zu einer für die Ecuadorianischen Anden sehr charakteristischen Bildung — dem Cangagua.

Unmittelbar bei Alausi, auf dem Wege nach Riobamba, in 7—8000' Höhe begegnen wir zuerst dieser Formation: es ist dies ein gelblicher, mehrlartiger Tuff, welcher durch die Winde getragen sich an die Oberfläche der Felsen anschmiegt, jede Vertiefung ausfüllt, insbesondere aber die flachen Partien des Hochlandes in zum Theil mächtigen Schichten überzieht. Im trockenen Zustande staubig, zeichnet er sich, mit Wasser befeuchtet, durch grosse Zähigkeit aus und lässt Wasser nicht durch. Häufig findet man in demselben Reste von Land- schnecken, Pflanzenwurzeln, sowie auch an einigen Stellen grosse Mengen fossiler Säugethierknochen (Punin, Cotocallo,

Malchingui, Alangasi), wie Reste von *Equus andium*, *Protanchenia*, *Cervus*, *Mastodon andium*¹. Es ist also eine dem RICHTHOFEN'schen Löss entsprechende altquartäre Bildung. Den Cangagua bedeckt eine eigenthümliche, wenngleich spärliche Vegetation, worunter ich nur auf eine *Hypericum*-Art aufmerksam machen möchte, da ich sonst nirgends in Ecuador ein *Hypericum* gesehen habe. Dagegen habe ich die für die Gebirgsflora charakteristischen Pflanzen, wie *Lupinus*, *Salvia* und *Agave* auf dem Cangagua nie gesehen. Unter dem Mikroskope erscheint der Cangagua aus sehr feinen amorphen Körnchen nebst Fragmenten von triklinem Feldspath, Augit und Hornblende zusammengesetzt.

Der Cangagua wird auf grosse Strecken von jüngerem vulkanischem Material bedeckt, so nämlich auf der Strecke von 5 Leguas zwischen Ticsan und Guamote in der Pampa de Totorillas (10 000'), einem schwarzen Flugsande, welcher in Form mondformiger, nach O. mit ihrer convexen Seite gewandter Dünen jene Gegend zwischen den beiden Andeskette bedeckt.

Bei Guamote erreichen wir die Wasserscheidelinie des Atlantischen und Stillen Oceans in 12 500' Höhe. Der Boden besteht aus feinen weissen theils lockeren, theils compacten Andesittuffen, welche sich vom Cangagua nur durch ihr gröberes Korn unterscheiden. Es sind zersetzte Andesite in situ. Gyps- oder Alauneflorescenzen fehlen hier vollständig und sind wahrscheinlich durch Sickerwasser ausgelaugt. Wir haben jetzt das tiefe breite Flussthal des Rio Chambo vor uns, welches von der Ostseite durch den flachen breiten Wall der Ostcordillere begrenzt wird. Der Fluss gehört zum Systeme des Amazonas und ist als Quelle des Rio Macana zu betrachten.

Nach einer sehr langen Herunterfahrt der ermüdenden Bajada de Naute, woselbst unter den oberflächlichen Cangaguaschichten die schieferigen Gesteine der Westcordillere entblösst sind, erreichen wir das in 9000' Höhe über dem Meeresspiegel liegende Plateau von Rio Bamba. Von Guamote aus kann man in der Nacht die Eruptionen des Sangay deut-

¹ BRANCO, Über eine fossile Säugethierfauna von Punin bei Riobamba. (DAMES u. KAYSER, Paläontologische Abhandlungen. I. 2. 1883.)

lich sehen. Das Plateau von Rio Bamba bedeckt wiederum ein dunkelfarbiger vulkanischer Sand, welcher sich bis zum Fusse des Chimborazo und Tungurahua überall erstreckt, und dessen Grund der Cangagua oder auch compacte Andesite bilden. Nach W. erstrecken sich diese Sande, welche aus Augit, Hornblende und Andesinfragmenten bestehen, nur bis zur Wasserscheidelinie, etwa bis Yaruguiez. Zwischen Guamote und dem alten Rio Bamba (heute: Cajabamba und Shikalpe) besteht der Boden aus Alluvionen, in der Mitte liegt der grösste See Ecuadors, der Colta-cocha, welcher einst das ganze Thal, in dessen Mitte er heute liegt, bedeckte, gegenwärtig aber, ebenso wie die übrigen Hochseen von Ecuador im Austrocknen begriffen ist. Torf wird hier nicht gebildet, während das Gegentheil in vielen kleinen Morästen des Ecuadorianischen Hochlandes stattfindet, so z. B. in Llagos und Joyaxi bei Chunchi.

Anhangsweise seien hier zwei lose Gesteinsproben erwähnt, wovon die eine bei Riobamba, die andere am Fusse des Chimborazo auf dem Wege nach Cajabamba in 10 000' Höhe gesammelt worden ist. Erstere, von schwarzer Färbung, durch porphyrisch ausgeschiedenen Plagioklas weiss gefleckt, unterscheidet sich von den Gesteinen von Alausi nur durch ihre Grundmasse, welche rein glasisch und gekörnelt, sonst aber der von IV vollkommen ähnlich ist. Das zweite Handstück ist dunkelgrau, feinkörnig; den Hauptbestandtheil des Gesteins bildet eine dunkelgraue, gekörnelt glasische Mesostasis mit Feldspathmikrolithen, welche eine deutliche Fluidalstructur aufweisen. In dieser Grundmasse liegen spärliche, porphyrisch eingesprengte, einfache, im polarisirten Lichte ungestreifte, sehr reine Plagioklase von $\frac{1}{2}$ —1 mm Durchmesser und etwas häufiger prismatische, stark pleochroitische Augitkrystalle von 1—2 mm Länge zerstreut.

Tungurahua.

Bei klarem, trockenem Wetter erblickt man von Riobamba aus in O.-Richtung einen schneebedeckten Berggipfel von kegelförmiger Gestalt, mit etwa unter 30° geneigten Abhängen, welche jedoch durch bekannte optische Täuschung viel steiler zu sein scheinen, was Veranlassung zur mythischen

Zeichnung HUMBOLDT's, sowie zur Meinung der Ecuadorianer, der Berg sei einem Zuckerhut ähnlich, gegeben hat. Es ist dies der 4900 Meter über dem Meeresspiegel sich erhebende Vulkan Tungurahua, einer der wenigen Vertreter der östlichen Vulkankette des Hochlandes von Quito, da sonst bekanntlich nirgends in den Anden vulkanische Gebilde den Kamm der Ostcordillere überschreiten. Es könnte vielleicht diese kurze Vulkanreihe, welche mit dem Sangay endet, als Grenzspalte zwischen der Ostcordillere und dem dritten, weder geologisch noch geographisch bekannten Gebirgszuge, welcher sich von den Quellen des Napoflusses bis in die Wildnisse der peruanischen Pampa del Sacramento erstreckt, angesehen werden.

Wollen wir dem Vulkane näher treten, so führt uns der Weg zuerst nach O. über die sandige Hochebene von Riobamba bis zum Flusse Penipé mit seiner berühmten Hängebrücke (HUMBOLDT: Vues des Cordillères) herunter, welche seit HUMBOLDT's Zeiten trotz recht häufiger Unglücksfälle stets in demselben Zustande erhalten wird. Wir lassen hinter uns eine steile Wand von säulenförmig zerklüftetem dunkelgrauem Andesit, dessen lose Bruchstücke im vulkanischen Sande am Fusse des Felsens häufig zerstreut liegen. Der erwähnte Felsenwall steht wahrscheinlich mit dem Massive des Chimborazo im Zusammenhange. Vom Städtchen Penipé fängt an ein Querthal merklich zu werden, in dem sich sämtliche Gewässer des Cotopaxi, Altar und des Ostabhanges vom Chimborazo zu einem gewaltigen Strome Agoyan (obere Pastaza) vereinigen.

Je mehr wir nach O. vorschreiten, desto mehr vertieft und verjüngt sich das Thal, bis am Ende die Gewässer des Flusses den leicht zerstörbaren Talk- und Glimmerschieferboden am Fusse des Tungurahua erreichen. Das Flussbett ist nun mehrere hundert Fuss tief im lockeren Boden eingeschnitten, die Ufer bilden senkrechte Abstürze, die Breite des in seinem engen Bette gefesselten schäumenden Flusses ist von $\frac{1}{2}$ Kilometer auf kaum 20 Schritt reducirt. An der Oberfläche erscheinen neben Glimmerschiefer lose Andesitblöcke und vulkanischer Sand, schliesslich in der Nähe der Thermalquellen von Baños auch compacte schwarze Laven,

welche den Vulkan wallartig in pralligen senkrechten Wänden umsäumen. Zwei Stunden unterhalb Baños kommen wir zu einem riesigen Wasserfall (Chorrera de Agoyan), von welchem an das Flussthal sich wieder verbreitert, den Tungurhaghua in einem weiten Bogen umgürtend. Der Fluss selbst nimmt von hier aus den Namen Pastaza an. In der Nähe des Wasserfalles sieht man die schwarze Lavadecke sich über die Talk- und Glimmerschiefer der Ostcordillere ausbreiten — nach WAGNER¹ in dieselben keilartig eindringen(?).

An der NO.-Seite des Berges, welcher, von Baños aus gesehen, eine mathematisch kegelförmige Gestalt besitzt, da alle Unebenheiten nebst dem Hauptkrater auf dessen Südseite liegen, erfüllt ein schwarzer glänzender Lavastrom, El Terremoto genannt, vom letzten Ausbruche im Jahre 1793 eine Falte des Vulkanmantels und endet in malerischen schroffen Felsen bei etwa 300' Höhe und $\frac{1}{2}$ Kilometer Breite am Ufer der Pastaza.

Die schwarzen Laven verschiedenen Alters, welche den Tungurhaghua zusammensetzen, zeichnen sich durch ihren, bei trachytischen Gesteinen ungewöhnlichen Reichthum an Eisenoxyden aus, obwohl der hohe SiO_2 -Gehalt und geringes spec. Gew. dieselben keineswegs den Basalten zuzählen lassen. zumal die mineralogische Zusammensetzung und die chemische Natur der mineralogischen Bestandtheile mit den übrigen Andesgesteinen übereinstimmen. Das Eisen ist als Oxydul und Oxyd vorhanden und findet sich grösstentheils an SiO_2 gebunden, während in den Basalten das Eisen bekanntlich meist als Magnetit ausgeschieden wird. GÜMBEL gelang es durch andauerndes Digeriren des Gesteins vom Tungurhaghua mit concentrirter HCl 20% davon zu lösen, — es zersetzte sich dabei theilweise der Feldspath, — er vermochte aber auf diesem Wege kaum 2,8% Fe_2O_3 in Lösung zu bringen, während die Bauschanalyse des Gesteins 13,40 desselben aufweist². Das Eisen ist neben Mangan, dessen Menge nach ARTOPE³

¹ WAGNER, Naturwissenschaftliche Reisen im tropischen Amerika. 1870. S. 484 u. folg.

² GÜMBEL op. cit. S. 359.

³ ARTOPE, Über augithaltige Trachyte der Anden. Inaug.-Diss. Göttingen 1872. S. 14.

bis 0,7% steigt, im Pyroxen und in der glasigen Mesostasis enthalten.

Die mineralogischen Bestandtheile der Tungurhaghua-Laven sind diejenigen aller südamerikanischen Andesite: zwei Andesine (Ab_2An_4 und Ab_1An_4), ein sehr eisenreicher Pyroxen, etwas Magnetisen und saure Glasbasis.

Die Laven vom Tungurhaghua haben schon mehrmals als Gegenstand chemischer und mikroskopischer Untersuchungen gedient¹. Um etwas Neues in ihnen zu ermitteln, bin ich bei meinen Analysen den mechanischen Methoden von THOULET und FOUQUÉ gefolgt.

Es lagen mir zur Analyse 3 Handstücke vor: 1) ältere, stark poröse Lava aus dem Pastazathale bei Baños (Anal. XVI); 2) compacte, glänzende, schwarze Lava von Terremoto (Anal. XVII); 3) ein schwarz und weiss gebänderter, theils compacter, theils schlackiger loser Lavablock, welcher von der Oberfläche desselben Lavastromes beim Spratzen der gluthflüssigen Masse zur Seite geschleudert worden ist (Anal. XVIII).

XVI Baños.		XVII Terremoto.	
SiO_2	= 56,50	SiO_2	= 59,33
Al_2O_3	= 15,06	Al_2O_3	= 14,28
Fe_2O_3	= 13,52	Fe_2O_3	= 10,71
CaO	= 6,23	CaO	= 6,50
MgO	= 2,72	MgO	= 3,38
K_2O	= 1,35	K_2O	= 1,79
Na_2O	= 4,55	Na_2O	= 4,07
H_2O	= 0,30	Sp. Gew.	= 2,782
(Analysirt von GÜMBEL op. cit. S. 360. II.)			
XVII a (Grundmasse ebenda her.)		XVII b (Feldspath ebenda her.)	
SiO_2	= 60,44	SiO_2	= 54,89
Al_2O_3	} = 27,87	Al_2O_3	= 28,97
Fe_2O_3		CaO	= 10,28
CaO	= 5,01	K_2O	= 1,72
MgO	= 1,16	Na_2O	= 3,61
K_2O	= 1,83	(Ab ₁ An ₁)	
Na_2O	= 4,23		

¹ ABICH, Über Natur und Zusammenhang der vulkanischen Bildungen. S. 115. ARTOPE op. cit. S. 12—17. ROSEBUSCH, Mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine. S. 420. GÜMBEL, op. cit. S. 360.

XVIII

Si O ₂	=	66,29
Al ₂ O ₃	=	13,70
Fe ₂ O ₃	=	8,13
Ca O	=	4,26
Mg O	=	1,30
K ₂ O	=	1,49
Na ₂ O	=	4,85
Sp. Gew.	=	2,647

XVIII b	
Feldspath	
(porphyrischer).	
Si O ₂	= 55,60
Al ₂ O ₃	= 30,16
Ca O	= 9,09
K ₂ O	= 1,45
Na ₂ O	= 3,60
(Ab ₁ An ₁)	

XVIII c	
Feldspath	
(der Grundmasse).	
Si O ₂	= 58,01
Al ₂ O ₃	= 29,08
Ca O	= 5,61
K ₂ O	= 1,72
Na ₂ O	= 5,58
Sp. Gew.	= 2,661
(Ab ₂ An ₁)	

XVIII a

(Grundmasse.)

Si O ₂	=	66,89
Al ₂ O ₃	}	= 21,09
Fe ₂ O ₃		
Ca O	=	4,06
Mg O	=	1,08
K ₂ O	=	1,73
Na ₂ O	=	5,11
Sp. Gew.	=	2,630

XVIII d

XVIII d	
Glas.	
Si O ₂	= 67,56
Al ₂ O ₃	= 14,39
Fe O	= 5,33
Ca O	= 3,26
Mg O	= 2,13
K ₂ O	= 1,76
Na ₂ O	= 4,97
Sp. Gew.	= 2,600

Die Analyse XVIII stimmt auffallend mit derjenigen von ARTOPE (op. cit. S. 14) überein, nur ist bei ihm der Eisengehalt viel geringer, weil die vom Verfasser angewandte Trennungsmethode von Eisenoxyd und Thonerde einen bedeutenden Verlust beim Zerreiben der geglühten Oxyde auch bei grösster Sorgfalt unvermeidlich macht. Ich bekam mit den Analysen von GÜMBEL übereinstimmende Werthe auf folgendem Wege: die nicht zu stark ausgeglühten Oxyde wurden mit concentrirter HCl im Glasballon 24 Stunden auf dem Dampfbade behandelt, wobei sich Fe₂ O₃ vollständig auflöst, während Thonerde zum grössten Theil in Form farbloser oder weisser Flocken zurückbleibt. Die filtrirte Eisenlösung fälle ich mit Natronlauge in geringem Überschusse, wobei sich die mitgefällte Thonerde leicht und vollständig löst, und bringe den Niederschlag von Eisenoxyd auf das Filter. Es erscheint rathsam, um das gefällte Oxyd vollkommen von Natron zu befreien, nach dem Auswaschen dasselbe auf ein anderes Filter zu bringen, da sich die Natronlauge aus dem Filtrirpapiere sehr schwer entfernen lässt. Das Filtriren mit Chamaeleonlösung ergab mir stets etwas zu hohe Werthe für Eisenoxydul, wegen der Gegenwart wenn auch kleiner Mengen freier Salzsäure, welche ebenfalls die farbige Lösung reducirt.

Ziehen wir jetzt bei den Resultaten obiger Analysen die stratigraphischen Verhältnisse in Betracht, so ist trotz der grossen Ähnlichkeit der drei Proben ein merklicher Unterschied in der Acidität derselben zu bemerken: Das Gestein XVI ist aus der Mitte eines älteren Lavastromes genommen, welcher oberflächlich zerstört seine innersten Theile vor uns entblösst hat. Es ist auch das basischste aller Handstücke und steht demnach dem Hypersthenandesite XII nahe. Das Handstück XVII ist schon viel saurer und stammt von der Oberfläche des Lavastromes von Terremoto, welcher noch nicht Zeit gehabt hat von Atmosphärien angegriffen zu werden und dessen Conturen ein ruhiges Fliessen eines wenig von Wasserdämpfen durchtränkten Magmas vermuthen lassen. Schliesslich kommt XVIII, welches die oberste schlackige Kruste des Lavastromes darstellt und durch seine Zusammensetzung sich den vulkanischen Bomben anschliesst. Es steigt also die Acidität vom Centrum zur Peripherie des Lavastromes¹.

Unter dem Mikroskope bestehen die Gesteine XVI und XVII aus einer schwarzen, aus einem feinen Gewirr länglicher Plagioklasnadelchen, kurzsäulenförmiger Augite und schwarzem Glase bestehenden Grundmasse (XVII a) mit reichlichen makroskopischen Ausscheidungen von wasserhellem Andesin (XVII b), Augit und etwas Magneteseisen.

Der porphyrische Plagioklas ist schmal leistenförmig, farblos, meist mit rundlichen, wie angeschmolzenen Umrissen, und einer dunklen Umrandung aus opaken Körnchen versehen. Häufig findet man denselben mit Augit verwachsen. Von fremden Einschlüssen enthält er Glaspartikel und nadelförmige Augitmikrolithe.

Der mikroporphyrische Augit bildet prismatische Krystalle und krystallinische Körner; Zwillinge nach $\infty P \infty$ nicht selten, ebenso Individuen, die aus optisch verschieden orientirten Körnern zusammengesetzt erscheinen.

Er ist ebenso wie der Feldspath an den Rändern angeschmolzen, enthält farblose Glaseinschlüsse und Magnetitkrystalle eingeschlossen. Die Färbung der Augite im durchfallenden Lichte ist weingelb bis grünlichgelb; Pleochroismus schwach.

¹ REYER, Beitrag zur Physik der Eruptionen etc. S. 124.

Für den mikrolithischen Feldspath der Grundmasse ergibt Analyse XVIIIc annähernd die Zusammensetzung Ab_2An_1 , also diejenige eines sauren Andesins.

Schlussbetrachtungen.

Wollen wir nun aus den obigen Betrachtungen Schlüsse über die regelmässige Reihenfolge der krystallinen Ausscheidungen aus dem Magma ziehen, so müssen wir uns wohl hüten, die für die Andesitgruppe erhaltenen Resultate auf die übrigen vulkanischen Gesteine zu erweitern. Beschränken wir uns aber auf die genannte Gruppe, so bekommen wir folgende Resultate: Der Acidität der Andesite ist keineswegs die von ROSENBUSCH angedeutete wichtige Rolle zuzuschreiben — es scheidet sich, wie schon erwähnt, Quarz und Olivin in demselben Gesteine zugleich aus, — ebenso beweisen die schön ausgebildeten Quarzdoppelpyramiden der Nevadite von Pe-rucho, Puellaro Udushapa und Oña in Ecuador¹, ebenso wie die Californischen Vorkommnisse, dass sich Quarz neben Andesin aus dem Magma gleichzeitig ausgeschieden hat. Die von ROSENBUSCH angegebene Reihenfolge der Ausscheidungen mit steigender Acidität der ausgeschiedenen Silicate wird nur für den Plagioklas bestätigt; der makroporphyrische Andesin ist basischer als derjenige der Grundmasse, letzterer ebenfalls basischer als das dem Feldspathe nahe stehende Glas. Aus einem sauren Magma wird auch ein saurerer Andesin als aus einem basischen ausgeschieden. Daher die Annäherung der Andesine in den Daciten zum Oligoklas, in den basischen Andesiten dagegen zum Labradorit. Eine Ausnahme stellen die vulkanischen Bomben dar, in diesen kann der SiO_2 -Gehalt sehr hoch sein, die Natur des Feldspathes wird aber meist in ihnen durch die Acidität des entsprechenden Lavastromes bedingt. Ich kann als Beispiel die eukritischen Bomben von Martinique citiren, in denen bei einem SiO_2 -Gehalt von 63% der Feldspath ein reiner Anorthit ist, weil die genannten Bomben im Herde des Vulkans aus dem Anorthitbasalte entstanden sind¹.

Zuerst werden in den Andesiten Kalk-, Magnesia- und

¹ WOLF op. cit. Azuay. S. 76.

¹ Verfasser, Die geognostisch. Verhältnisse der Insel Martinique. S. 37.

Natron-reiche Silicate ausgeschieden, während Kali grösstentheils in der Grundmasse zurückbleibt und am reichlichsten im Glase vorhanden ist. Aus der oben angegebenen Reihenfolge der Ausscheidung verschiedener Plagioklase in den Andesiten ist es leicht erklärlich, warum die Grundmasse dieser Gesteine, welche wesentlich aus Feldspath und Glas besteht, stets saurer ist als das Gestein im Ganzen, wengleich der Unterschied ein sehr geringer sein kann. (In den plagioklasfreien Felsitporphyren stimmt die chemische Zusammensetzung der Grundmasse mit der Bauschanalyse vollkommen überein.)

Die Gruppe der Andesitgesteine ist von den Trachyten durch das Fehlen von Sanidin scharf getrennt, dagegen verfließen sie mit den Feldspathbasalten durch so unmerkliche Übergänge, dass man dieselben öfters im Handstücke von einander schwerlich unterscheiden kann. Als definitives Kriterium für deren Unterscheidung könnte in solchen Fällen nur der Feldspath der typischen Ausbildungsform des Gesteins (abgesehen von vulkanischen Bomben und Schlacken, die meist eine abweichende Zusammensetzung besitzen) dienen: wo der porphyrische Feldspath ein Andesin ist, haben wir einen basaltischen Andesit vor uns; wo derselbe basischer, also ein Labradorit oder Anorthit ist, einen Basalt. Die Schwierigkeit liegt daher hauptsächlich im Aussuchen des typischen Handstückes, was in der Natur sehr leicht, im Laboratorium aber, besonders mit fremdem Material, öfters unmöglich wird. — Ich hoffe später eine vergleichend petrographische Untersuchung an den basaltischen Andesiten und olivinfreien Feldspathbasalten anstellen zu können, die vielleicht eine Grenze zwischen diesen Gesteinen zu ziehen gestatten wird.

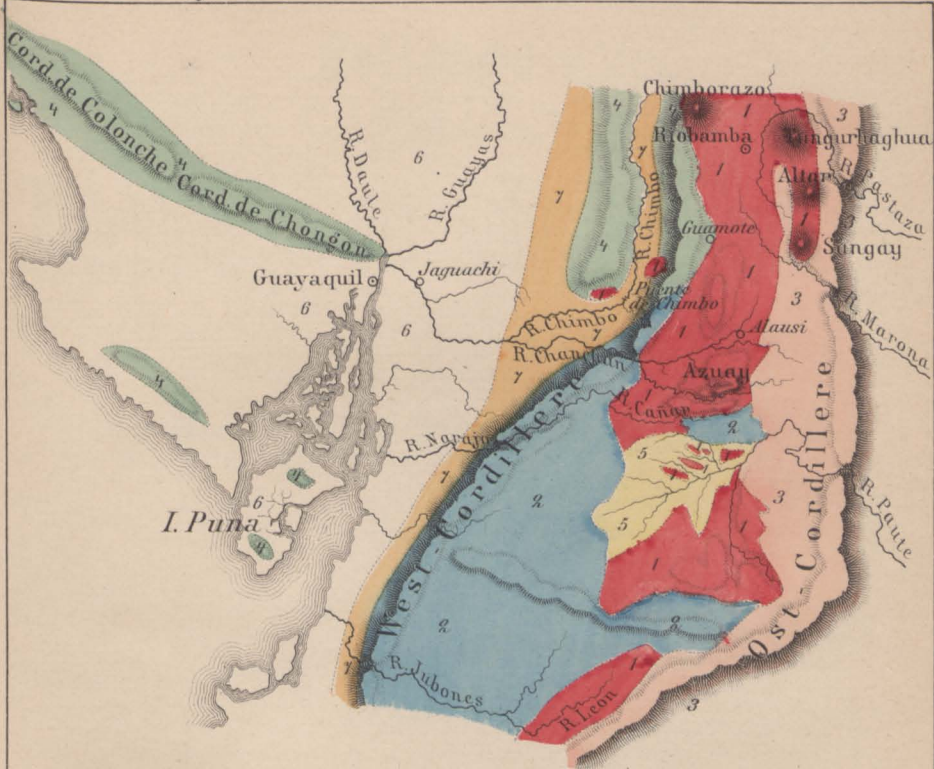
Indem ich obige Arbeit der Öffentlichkeit übergebe, gereicht es mir zur angenehmen Pflicht meinem hochgeschätzten Freunde Prof. Dr. A. LAGORIO für die Freundlichkeit und Bereitwilligkeit, mit welcher er mir sein Laboratorium in ausgiebigster Weise zur Verfügung stellte, meinen besten Dank auszusprechen.

Mineralogisches Institut der kais. Universität Warschau.

März 1885.

Thesen.

1. Die Namen Propylit und Teschenit sind aus der petrographischen Nomenklatur zu streichen.
2. Die Quarzkrystalle in der glasigen sog. Nevadite sind als fremde Einschlüsse zu betrachten.
3. Ein bedeutender Theil des Lublin'schen Kreidemergels ist turonen und cenomanen Alters.
4. Bei Feldspathbestimmungen in Gesteinen leistet die Szabo'sche Flammenprobe vortreffliche Dienste.
5. Der südrussische Löss ist eine Gletscherbildung.
6. Die Theilung der Diluvialablagerungen in graues und rothes Diluvium hat keinen Grund.



Geologische Übersichtskarte von
S W ECUADOR.



- | | | | | | | |
|-------------|--|-------------------------------|----------|----------|-------------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Vulkanisch. | * Altrapuntive
Gesteine.
(Porphyre u. Diorite) | Krystallinischer
Schiefer. | Kreide. | Tertiär. | Alluvionen. | Diluvium. |