

2. Vulkanische Asche vom Ausbruch des chilenischen Vulkans Quizapú (1932) in Argentina gesammelt.

Eine Studie über äolische Differentiation.

Von

Walter Larsson.

Inhalt.

	Seite
I. Einleitung	27
II. Die Ausbreitung der Quizapú-Asche	28
III. Die Asche von Estancia Olguita	34
A. Physikalische Eigenschaften	34
B. Mineralogische Zusammensetzung	38
C. Chemische Zusammensetzung	40
IV. Die äolische Differentiation der Quizapú-Asche	41
V. Anhang. — Asche vom Ausbruch des Vulkans Calbuco 1929	47
VI. Literaturverzeichnis	50
A) Literatur über die Ausbrüche der Vulkane Quizapú und Calbuco 1932 bzw. 1929	50
B) Übrige angeführte Literatur	52

I. Einleitung.

Durch Vermittlung von Prof. Dr. H. G. BACKLUND, Upsala, wurde dem Verfasser eine Probe von vulkanischer Asche zur Untersuchung übergeben, die nach der beigefügten Etikette am 14. April 1932 auf Estancia Olguita unweit Alto Alegre, einer Station an der zentralargentinischen Eisenbahn zwischen Villa Maria und Las Rosas, etwa 33 km östlich vom vorigen Ort, d. h. im mittleren Teil der Provinz Cordoba von Señora N. SILFVERSPARRE DE POHLE eingesammelt worden war. Die betreffende Asche hat ihren Ursprung von dem gewaltigen Ausbruch des chilenischen Vulkans Quizapú am 10. April 1932.

Da schon Untersuchungen von Proben aus einigen weit entfernten Lokalen für diesen Aschenregen innerhalb der nördlichen und östlichen

Teile von Argentina vorliegen (bes. 19 und 21) und da diese Arbeiten offenbar von einander unabhängig ausgeführt und veröffentlicht worden sind, könnte man erwarten, dass eine Zusammenstellung der Resultate, mit einer Untersuchung der soeben erwähnten Aschenprobe aus dem zentralen Teil von Argentina komplettiert, für die Kenntnis der Veränderungen eines äolisch transportierten und deponierten Materials bei langem Transport von Interesse sein sollte.

Um die mineralogische und chemische Zusammensetzung der vom Verfasser untersuchten Asche völlig verstehen zu können, hat es sich notwendig erwiesen, die regionale Ausbreitung des Aschenregens zu berücksichtigen. In Anbetracht der ziemlich umfassenden und teilweise schwer zugänglichen Literatur, die schon über diesen Vulkanausbruch entstanden ist (siehe das Literaturverzeichnis), und da keine vollständige Zusammenstellung der zerstreuten Daten über diesen Aschenregen vorliegt, wird nachstehend zuerst eine solche auf Literaturstudien gegründete Übersicht gegeben. Wie daraus hervorgehen dürfte, ist kaum ein vulkanischer Aschenausbruch mit nachfolgendem Transport von Asche über grosse Gebiete zu seiner regionalen Ausbreitung besser bekannt als der betreffende.

II. Die Ausbreitung der Quizapú-Asche.

In den Figuren 1 und 2 ist die ungefähre äussere Grenze des beobachteten Aschenregens vom Ausbruch des Vulkans Quizapú mit einer punktierten Linie bezeichnet. Hieraus erhellt, dass sich die Asche über einen bedeutenden Teil des südamerikanischen Kontinents verbreitet hat. So ist beispielsweise der Abstand zwischen Zapala in der argentinischen Provinz Neuquén und Rio de Janeiro, von denen Aschenregen gemeldet wurde, nicht weniger als etwa 3,170 km. Die nördliche Grenze der Ausbreitung der Asche fällt mit einer Linie Valparaiso—Aconcagua—Asunción—Rio de Janeiro¹ zusammen oder geht vielmehr nur unbedeutend nördlich derselben, während die südliche ungefähr von den Orten Camarico, Zapala und Bahia Blanca markiert wird.

Ein auf den ersten Blick in Fig. 1 unmittelbar auffallender Umstand ist die Lage des aschenproduzierenden Vulkans im Verhältnis zum Ausbreitungsgebiet der Asche. Quizapú, der in der chilenischen Provinz Talca unweit westlich der argentinischen Grenze gelegen ist, befindet sich ja ganz

¹ Hier ist die Mitteilung einer schwedischen Zeitung, dass am 12. April 1932 der Aschenregen Salta erreicht hätte, nicht berücksichtigt worden. Diese Angabe ist in der wissenschaftlichen Literatur nicht bestätigt worden und ausserdem lässt sich der angegebene Zeitpunkt für den Anfang des Aschenregens mit übrigen Zeitangaben schwerlich vereinen. Möglicherweise bezieht sich die Notiz auf Salto in Uruguay, für welchen Ort die angegebene Zeit mit übrigen Verhältnissen wohl übereinstimmt.

Tabelle I.

Lokal	Beginn des Aschenregens	Autor
Carrilauquén	am 10. April um 13 Uhr	KITTL (19. p. 344)
Malargue	» » » » 17 »	VOGEL (41. p. 115)
Dampfer 100 miles von Buenos Aires	» 11. » » 0,23 »	SMITH (39. p. 234)
La Plata	» » » » 3-4 »	KITTL (19. p. 350)
Buenos Aires	» » » » 4 »	» (» p. »)
Montevideo	» » » » 10 »	BARROIS (1. p. 110)
Santiago	» » » » » »	VOGEL (41. p. 115)
El Sosneado	» » » » 11 »	» (» p. 107)
San Rafael	» » » am Morgen	KITTL (19. p. 350)
Los Molles	» » » » » »	VOGEL (41. p. 114)
Curicó und Rengo	» » » » » »	KITTL (19. p. 344)
San Antonio	» » » um 15 Uhr	VOGEL (41. p. 110)
Mendoza	» » » » 17 »	KITTL (19. p. 344)
Valparaiso	» » » nachmittags	VOGEL (41. p. 110)
Jaguarao	» 12. » abends	RECK (33. p. 619)
Santa Victoria do Palmar	» 13. » morgens	» (» » »)
Restinga Secca	» » » » » »	» (» » »)
Rio Grande, Uruguayana, S:ta Maria da Bocca do Monte, Venancio Ayres und Montenegro	» 14. » morgens	» (» » »)
Porto Alegre	» » » nachmittags	» (» » »)
30° S. 49° W.	» » » » » »	FRIEDLAENDER (16. p. 119)
25° S. 47° W.	» 15. » bei Tagesanbruch	» (» » »)
Rio de Janeiro	» » » um 16 Uhr	SCHILLER (38. p. 237)
Asunción und Santos . .	» » » » » »	» (» » »)

nahe dem südwestlichen Rand desjenigen Gebiets, wo Aschenregen beobachtet wurde. Dieser Umstand wird begreiflicherweise durch die Richtung der beim Ausbruch und während der folgenden Tage herrschenden Winde erklärt. Dadurch dass in der Literatur Angaben (in der Tabelle I zusammengestellt) von 29 Orten in Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay und Brasilien über den Zeitpunkt des ersten Auftretens des Aschenregens vorliegen, ist es möglich gewesen, in Fig. 1 Kurven einzuzichnen, die die äusserste Grenze angeben, die der Aschenregen zu auf einander folgenden Zeitpunkten erreicht hat. Die in dieser Weise erhaltene Isochronkarte gibt

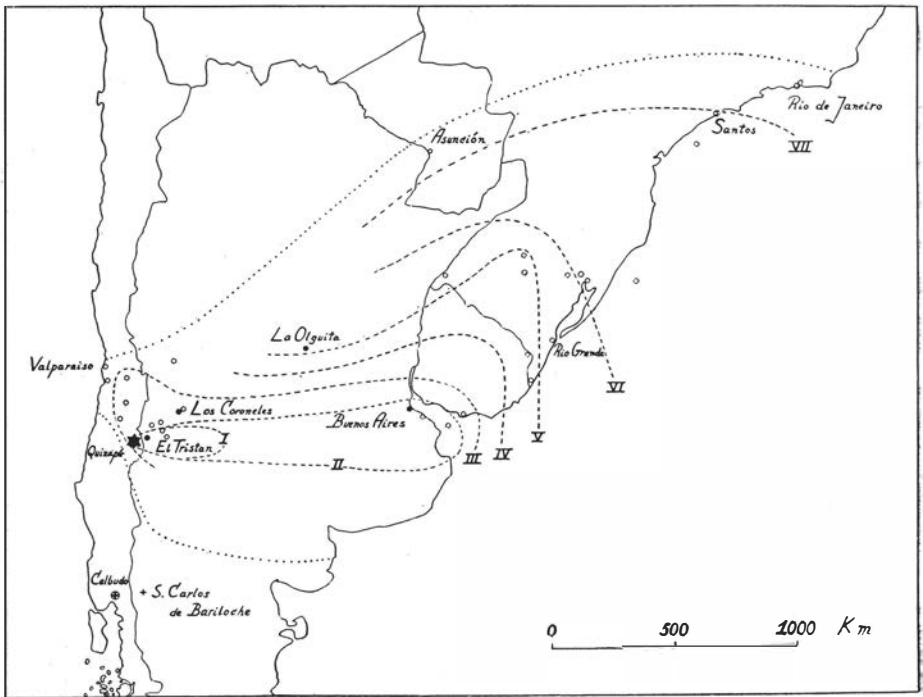


Fig. 1. Isochronkarte über die Ausbreitung des Aschenregens beim Ausbruch des Vulkans Quizapú im April 1932.

Gestrichelte Kurven = die Lage der Aschenfront

am 10. April um 18 Uhr	(I)
» 11. » » 6 »	(II)
» » » 12 »	(III)
» 12. » » »	(IV)
» 13. » » »	(V)
» 14. » » »	(VI)
» 15. » » »	(VII)

Punktierte Linie = äusserste Grenze des beobachteten Aschenregens.

Offene Kreise = Orte, von denen Angaben über den Beginn des Aschenregens vorliegen.

Gefüllte Kreise = Orte, von wo chemische Analysen der Asche vorliegen.

uns nicht nur ein gewisses Bild über die Richtung und Stärke der Winde innerhalb dieses Teils des südamerikanischen Kontinents zu der betreffenden Zeit, sondern auch die Erklärung zur mineralogischen und chemischen Beschaffenheit der vom Verfasser untersuchten Aschenprobe.

Betreffs des näheren Zeitpunkts für den Anfang des Vulkanausbruches liegen einigermaßen wechselnde Angaben vor, was auch ziemlich natürlich ist, da der Umgegend des Vulkans wohnhafte Bevölkerung fehlt und die Viehhirten zu dieser Zeit im Herbst diese hoch gelegenen Gegenden schon verlassen hatten. So gibt BARROIS (r. p. 110) an, dass Quizapú am 10.

April um sechs Uhr in Tätigkeit eintrat, und nach DONOSO (17. p. 13) erreichte die Eruption um neun Uhr am Morgen desselben Tages ihr Maximum. KITTL behauptet (19. p. 344), dass das Auswerfen der Asche am Mittag begann, während RECK (33. p. 618) und VOGEL (41. p. 105) um 14¹⁵ Uhr bezw. den Nachmittag am 10. April als den Zeitpunkt für das Auftreten der ersten kräftigeren Eruptionen angeben. Betreffs der Zeit für das Eintreten desjenigen Moments, das hier am nächsten interessiert, nämlich das Auswerfen fester Produkte, stimmt die Angabe KITTL's mit dem Umstand wohl überein, dass der Aschenregen in Carrilauquén, etwa 130 km östlich des Vulkans, schon um 13 Uhr am 10. April begann. Von einem kräftigen westlichen Wind geführt wurde die Asche mit einer verhältnismässig grossen Geschwindigkeit und einer ziemlich schmalen Front in ungefähr östliche Richtung transportiert, dass sich um sechs Uhr morgens am 11. April (Kurve II der Figur 1) die Aschenfront zwischen Buenos Aires und Montevideo, mehr als 1100 km östlich des Vulkans, befand, während von Mendoza, nur 350 km nordöstlich des Ausbruchsherd, erst von 17 Uhr am 11. April Aschenregen gemeldet wurde.

Ein Durchschnittswert auf die Geschwindigkeit des Windes, der die Asche quer über Argentina transportierte, kann aus den Angaben über den Anfang des Aschenregens in Carrilauquén (um 13 Uhr am 10. April) und in Buenos Aires (um 3—4 Uhr am 11. April) berechnet werden. Der 1,000 km grosse Abstand zwischen diesen Orten wurde von der Asche in ungefähr 14,5 Stunden zurückgelegt, was einer mittleren Geschwindigkeit von 69 km/Stunde oder 19,1 m/Sek. entspricht, ein Wert, der ziemlich gut mit dem von SCHILLER (38. p. 238) angenommenen, etwa 60 km/Stunde, übereinstimmt. Die tatsächliche Windstärke dürfte aber im westlichen Argentina bedeutend grössere Werte erreicht haben, um gegen Osten entsprechend geringer als der Durchschnitt gewesen zu sein. So sagt KITTL (19. p. 345), dass die Explosionen des Vulkans von »un fuerte huracán en dirección al este« begleitet waren, während SCHILLER (38. p. 238) angibt, dass in La Plata am 10. April »eine steife Brise aus W und SW« wehte.

Aus dem Verlauf der Kurve III (um 12 Uhr am 11. April) ist ersichtlich, wie die Asche am Vormittag dieses Tages teilweise von einem südlichen Wind durch das chilenische Längstal gegen Norden getrieben wurde, während der Hauptteil der Asche offenbar immerfort von westlichen Winden in und östlich der Kordillere über argentinisches Territorium eingeführt wurde. So wird noch am 13. April von El Sosneado »viento fuerte del oeste« angegeben (KITTL. 19. p. 350). Der Aschenregen konnte in Chile nicht weiter gegen Norden als nach dem Aconcaguatal hervordringen, was teils daraus zu erklären ist, dass die in diese Richtung transportierte absolute Quantität von Asche offenbar verhältnismässig unbedeutend war, teils daraus, dass während der folgenden Tage in der Gegend von Santiago und Valparaiso die Windrichtung östlich war (33. p. 109), weshalb dort die Asche über

den Stillen Ozean hinausgetrieben wurde. Damit stimmt auch eine Angabe von Valparaiso in »Göteborgs Handels- och Sjöfartstidning« vom 14. April 1932 überein, dass vulkanische Asche über den Juan Fernandez-Inseln gefallen ist (in der Figur 1 nicht angegeben).

Betreffs des atlantischen Teils des vom Aschenregen berührten Gebiets geht aus den Kurven der Figur 1 hervor, dass die Windrichtung, die im Inneren von Argentinien westlich war, näher der Ostküste Südamerikas zu einer südwestlichen umdrehte, ein Umstand, der auch von Angaben in der Literatur bestätigt wird (*l. p.* 110, *33. p.* 620). Gleichzeitig nahm die Windstärke höchst beträchtlich ab. So vergingen nicht weniger als 68 Stunden während der Verschiebung der Aschenfront den 468 km langen Abstand zwischen Montevideo in Uruguay und Rio Grande in Brasilien, was einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von nur 7 km/Stunde oder 1,9 m/Sek. entspricht. Die Transportgeschwindigkeit wurde während des 14. und 15. April im Durchschnitt wieder grösser, da die 1,350 km lange Strecke zwischen Rio Grande und Rio de Janeiro, dem vom Ausbruchsherd am weitesten gelegenen (>3,000 km), bekannten Ort mit beobachteten Aschenregen, in etwa 34 Stunden zurückgelegt wurde, 40 km/Stunde oder 11 m/Sek. entsprechend.

Die jetzt angegebenen Zahlen für die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Aschenregens gelten für die dem Atlantischen Meer nächstgelegenen Küstengegenden. Wie der Verlauf der Kurven in Fig. 1 zeigt, waren die Verhältnisse etwas anders in den inneren Teilen des Kontinents. So kann die deutliche Ausbauchung speziell der Kurve V gegen Nordosten auf einen kräftigeren südwestlichen Wind im Inneren von Uruguay und südlichem Brasilien am 12. und 13. April als im eigentlichen Küstenstrich deuten. Die Zusammendrängung der Kurven im mittleren Argentinien, die zeigt, dass die Front des Aschenregens dort nur langsam gegen Norden avancierte, ist durch den andauernden westlichen Wind östlich der Anden zu erklären, der in diesen Gegenden erst auf ein so spätes Stadium zu einem mehr südlichen umdrehte, dass z. B. der mittlere Teil der Provinz Cordoba, von wo die untersuchte Aschenprobe stammt, vom Aschenregen erst am 14. April erreicht wurde, also später als grosse Teile des südlichen Brasiliens und nicht weniger als drei Tage später als Buenos Aires.

Was nun der Untersuchung dieser Asche ein besonderes Interesse gibt, ist der Umstand, dass vorher petrographische und chemische Untersuchungen über Ausbruchprodukte von Lokalen vorliegen, die mit Bezug auf das vom Verfasser zusammengestellte Kartenbild, Fig. 1, solch eine Lage haben, dass man erwarten kann, durch einen Vergleich zwischen den Resultaten dieser Untersuchungen ein besonders gutes Bild darüber zu erhalten, was man eine äolische Differentiationsreihe nennen könnte. Die bezweckten Lokale, die in der Figur 1 mit gefüllten schwarzen Kreisen markierten, sind El Tristan in Valle del Río Tordillo und Los Coroneles am Río Diamante, beide in der Provinz Mendoza, von welchen Orten

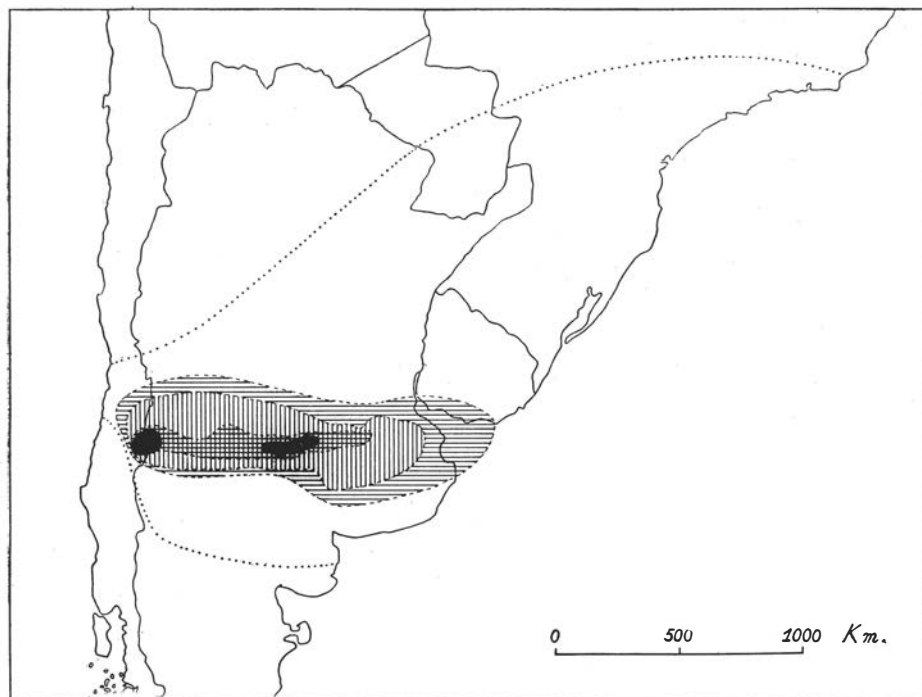


Fig. 2. Karte über die Mächtigkeit der vom Ausbruch des Quizapú stammenden Aschendecke.

Weiss = Mächtigkeit < 1 mm.
 Horizontalschraffiert = 1—10 mm.
 Vertikalschraffiert = 10—50 mm.
 Kreuzschraffiert = 50—100 mm.
 Schwarz = > 100 mm.

KITTL (19) »piedras volcánicas» bzw. »ceniza volcánica fina» beschrieben hat, nebst Buenos Aires, von wo eine eingehende Untersuchung vulkanischer Asche von KREUTZ und JUREK (21) vorliegt.

In diesem Zusammenhang ist Fig. 2 von Interesse. Sie veranschaulicht die Mächtigkeit der vom Ausbruch des Quizapú stammenden Aschendecke. Diese Karte ist hauptsächlich nach den Mächtigkeitszahlen entworfen, die KITTL (19) von mehr als 180 Orten in Argentina angibt. Für den chilenischen Teil und auch östliches Argentina nebst Uruguay ist das Kartenbild mit einzelnen Angaben von BOBILLIER, BRÜGGEN, RECK und SCHILLER ergänzt worden. Wie ersichtlich erreichte die Aschendecke innerhalb des grösseren Teils ihres Ausbreitungsgebietes eine Mächtigkeit, die geringer als ein mm war. Die Konfiguration der Mächtigkeitskurven steht ja in besonders guter Übereinstimmung mit den in der Figur 1 gegebenen Isochronlinien für das Vordringen der Aschenfront. So ist offenbar das enge, in Ost-West ausgezogene Gebiet mit Mächtigkeiten mehr als 50 mm das

Resultat des kräftigen, westlichen Sturmes über Argentina zur Zeit des Ausbruchs. Auch der südliche, aschenführende Wind in Chile (die Kurve III, Fig. 1) sowohl als der Südwestwind über den atlantischen Küstengegenden sind zu ihren Wirkungen im Kartenbild Fig. 2 einigermaßen angedeutet.

Ein Umstand von grossem Interesse ist das Auftreten zweier getrennter Gebiete mit einer Mächtigkeit der Asche von mehr als 1 dm, eines westlichen am Vulkan und besonders nahe östlich desselben, und eines östlichen im zentralen Argentina, welche Gebiete von einer Area mit geringerer Aschendeposition von einander getrennt sind. Dieses letztere Maximum dürfte durch eine Abnahme des Transportvermögens der Luft und zwar wahrscheinlich ihrer Bewegungsgeschwindigkeit in dieser Gegend zu erklären sein, wobei Turbulenzphänomene im Windschatten hinter den freilich nicht besonders hohen, südlichen Ausläufern von Sierra de Cordoba möglicherweise eine gewisse Rolle spielen könnten.

Schliesslich sei darauf hingewiesen, dass, wie aus einem Vergleich zwischen den Figuren 1 und 2 hervorgeht, die oben angeführten vier Lokale für näher untersuchte Proben innerhalb je eines von vier der in der Figur 2 unterschiedenen fünf Aschenmächtigkeitsintervalle liegen.

III. Die Asche von Estancia Olguita.

A. Physikalische Eigenschaften.

Die untersuchte Asche, von der eine Quantität zur Verfügung stand, die etwa 10 gr betrug, ist ein rein weisses, besonders feinverteiltes, geruch- und geschmackloses, homogenes Pulver mit für das unbewaffnete Auge nicht unterscheidbaren Bestandteilen. Die Weise, in der die Asche eingesammelt wurde, bürgt dafür, dass keine mehr bedeutende Einmischung von lokalem Staubmaterial vorliegt. Die Probe wurde derart erhalten, dass die Asche, die auf die Zaundrähte niedergefallen war, abgepinselt wurde. Die absolute Quantität der in dieser Gegend gefallenen Asche war laut einer Mitteilung nicht grösser als dass die Mäuler des weidenden Viehes von derselben nur ganz leicht eingepudert wurden.

Von KITTL (19. p. 351) werden einige Bestimmungen des spezifischen Gewichtes der Asche von verschiedenen Lokalen wiedergegeben. In der beigefügten Tabelle II sind die Werte angeführt, die an Proben von Los Coroneles und Buenos Aires erhalten worden sind. Keine nähere Beschreibung der bei den Bestimmungen gebrauchten Methodik wird gegeben, wie auch nicht die Begriffe »material echado» und »asentado» näher definiert werden. »Peso específico» ist hier offenbar als Volumengewicht zu verstehen, d. h. Gewicht in gr von 1 cm³ trockener Asche. »Material echado» bedeutet wahrscheinlich frischgefallene, locker abgesetzte Asche,

Tabelle II.

	Cantidad usada gramos	Material	
		echado	asentado
		Peso específico	
Los Coroneles . . .	100	0,588	0,810
Buenos Aires . . .	100	0,633	0,870

während »material asentado« eine dichter zusammengepackte Anordnung der Partikel repräsentiert. In Übereinstimmung damit zeigt das letztere Material ein grösseres Volumengewicht als das erstere.

Von Interesse ist der Umstand, dass das Volumengewicht der weit transportierten Buenos Aires-Asche grösser ist als das der in Los Coroneles in verhältnismässig geringem Abstand vom Vulkan gefallenen. Das während des Lufttransports eintretende, frühere, gravitative Hinabsinken der spezifisch schwereren Komponenten, das offenbar dazu neigt, das Volumengewicht des weiter transportierten Materials herabzusetzen, muss also in diesem Falle von einem anderen aufgewogen werden. Dieser Faktor ist offenbar in den durchschnittlich kleineren Dimensionen der weit transportierten Aschenpartikel zu suchen in Verbindung mit dem Umstand, dass die pyroklastischen Produkte dieses Ausbruchs zum grossen Teil aus als Bimsstein erstarrtem Glas bestanden. Ein fein zermalmtes Bimssteinpulver soll nämlich begreiflicherweise ein kleineres Porenvolumen und somit ein grösseres Volumengewicht aufweisen als dieselbe absolute Quantität von Bimsstein in grösseren Bruchstücken.

Um die Olguita-Asche mit den von Los Coroneles und Buenos Aires stammenden Aschen in betreffender Hinsicht vergleichen zu können, wurden drei Bestimmungen des Volumengewichts der ersteren ausgeführt, und zwar teils an locker luftsedimentiertem Material, teils an leicht zusammengesütteltem, teils schliesslich an mit mässigem Druck zusammengepresstem Material. Bei den Bestimmungen wurde ein gleich dickes, zylindrisches Glasrohr mit ebenem Boden benutzt, wodurch das Volumen der Asche in den drei Fällen leicht und ziemlich genau bestimmt werden konnte. Das Gewicht der Asche, etwa 2 gr, wurde ganz einfach durch Wiegen des Glasrohres mit und ohne Asche erhalten. Das Resultat der Bestimmungen war wie folgt:

Volumengewicht

- | | | |
|----------------------------------|---------------|-------|
| a) der locker luftsedimentierten | Asche | 0,644 |
| b) » leicht zusammengesüttelten | » | 0,751 |
| c) » mässig zusammengepressten | » | 0,955 |

Betreffs der Vergleichbarkeit der obigen Werte mit den von KITTL angeführten, in der Tabelle II wiedergegebenen dürfte die oben als a)

gegebene Bestimmung ziemlich sicher den von KITTL an »material echado« ausgeführten entsprechen, während die in der Kolumne »material asentado« eingetragenen ihr Gegenstück in einem zwischen b) und c) liegenden Wert haben dürften. Wenn deshalb nur die erstgenannten Bestimmungen berücksichtigt werden, so ergibt es sich jedenfalls, dass das Volumengewicht der Olguita-Asche grösser ist als sowohl das der Los Coroneles- als auch der Buenos Aires-Asche.

Die Bedeutung der Korngrösse der Asche für den Wert ihres Volumengewichts kann in diesem Fall geprüft werden. Es liegt nämlich eine von M. JUREK ausgeführte Bestimmung der Korngrössenfrequenz einer Asche von Buenos Aires vor (27. p. 318). Diese ist unter 1. der Tabelle III wiedergegeben. Eine analoge Messung an der Olguita-Asche wurde vom Verfasser gemacht. Die Grösse von 1,000 Aschenpartikeln wurde auf dem Integrationstisch gemessen und das Resultat mit denselben Korndiameterintervallen als die von JUREK angegebenen umgerechnet. Die in dieser Weise bestimmte Korngrössenfrequenz wird als 2. der Tabelle III wiedergefunden.

Tabelle III.

Diameter mm	%	
	1. Buenos Aires	2. Olguita
0,137	0,34	—
0,11	1,12	—
0,0825	2,36	—
0,0686	4,06	—
0,055	7,00	0,3
0,041	9,36	1,5
0,0275	12,06	11,8
0,0137	15,56	32,2
0,0055	19,39	36,2
0,0027	28,75	18,0
	100,00	100,0

Wie aus der Tabelle III oder noch deutlicher aus der graphischen Darstellung der Fig. 3 erhellt, wo die gestrichelte Kurve die Bestimmung JUREK's von der Korngrössenfrequenz der Buenos Aires-Asche repräsentiert und die ganz ausgezogene Kurve den Resultaten des Verfassers betreffs der Olguita-Asche entspricht, fehlen der letzteren die in der Buenos Aires-Asche vorkommenden, grösseren Klassen der Körner, wie auch die allerkleinsten Partikel verhältnismässig etwas weniger vertreten sind. Die

Olguita-Asche ist also besser sortiert als die in Buenos Aires gefallene Asche und durchschnittlich feinkörniger als diese. Gleichzeitig wie diese Bestimmungen der Korngrößenfrequenz zeigen, dass bei lufttransportiertem Material von dieser Beschaffenheit eine Verminderung der durchschnittlichen Korngröße und eine Erhöhung des Sortierungsgrades einer Zunahme des Volumengewichts und einer Abnahme des Porenvolumens parallel gehen,

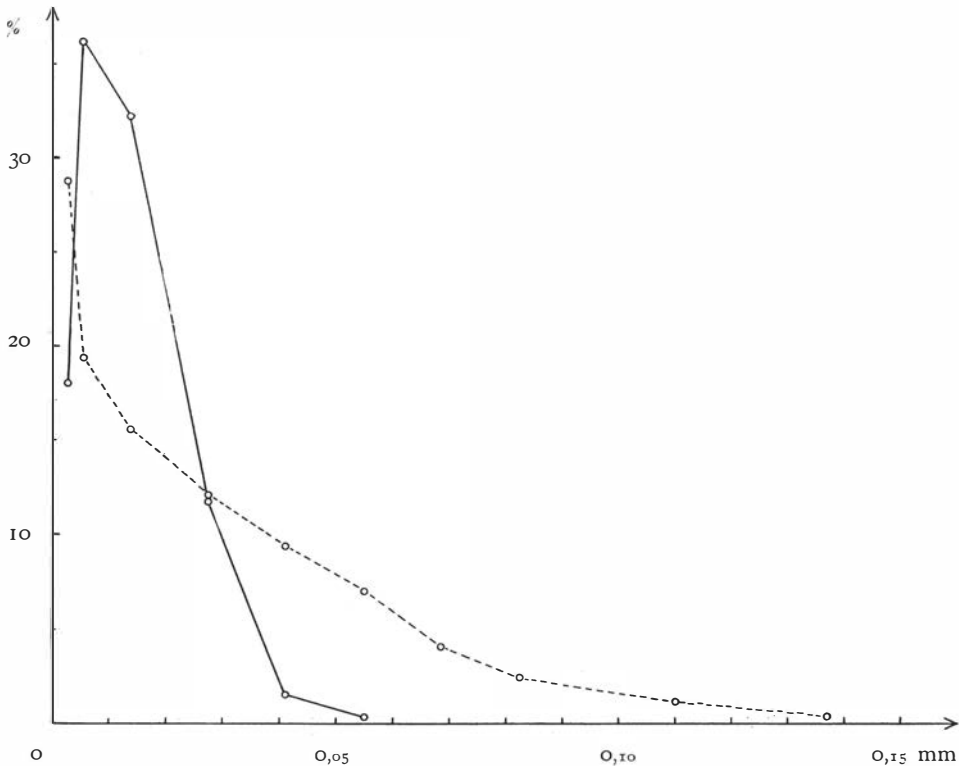


Fig. 3. Diagramm über die Korngrößenfrequenz der Aschen von La Olguita (ganz ausgezogene Kurve) und Buenos Aires (gestrichelte Kurve).

beleuchtet diese Untersuchung in einer ausgezeichneten Weise auch den Umstand, dass der Sortierungsgrad eines äolisch beförderten Materials nicht nur von der Länge der zurückgelegten Wegstrecke, sondern auch von der Transportgeschwindigkeit bedingt ist, da die in La Olguita, 780 km vom Vulkan, niedergefallene Asche den im Vorhergehenden beschriebenen und in der Figur 1 zum Ausdruck gelangten meteorologischen Verhältnissen zufolge in Bezug auf die mechanische Beschaffenheit des Materials eine weiter fortgeschrittene Differenzierung zeigt als die in Buenos Aires, nicht weniger als 1,120 km vom Ausbruchspunkt gesammelte Asche.

B. Mineralogische Zusammensetzung.

Die mineralogische Zusammensetzung der Olguita-Asche in Volumen-% ist in der ersten Kolumne der Tabelle IV angeführt. In Anbetracht der geringen Quantität kristallisierter Minerale wurde zuerst (mittels eines Integrationstisches) die Proportion Glas: Kristalle in der unveränderten Asche gemessen, worauf das Verhältnis zwischen den kristallisierten Mineralen durch Rosiwal-Analyse von zwei mittelst Zentrifugieren in Clerici'scher Lösung erhaltenen, schwereren Fraktionen (Spez. Gew. $> 2,515$ bzw. $2,515-2,385$) bestimmt wurde. Aus dem Gewichtsverhältnis zwischen diesen Fraktionen und der reinen Glasfraktion (Spez. Gew. $< 2,385$) und aus den bekannten spezifischen Gewichten der eingehenden Minerale wurde leicht die in der Tabelle IV angeführte volumenprozentische Zusammensetzung der ursprünglichen Asche berechnet.

Tabelle IV.

	Olguita	Buenos Aires		
		I	II	Durchschnitt
Glas	95,8	93,4	94,5	94,0
Feldspat	2,6	2,4	3,5	3,0
Dunkle Silikatminerale	1,4	4,2	2,0	3,1
Erz	0,2			
	100,0	100,0	100,0	100,1

In der Tabelle IV sind auch zwei von KREUTZ und JUREK (2I. p. 320) an vulkanischer Asche von Buenos Aires ausgeführte Bestimmungen der volumetrischen Mineralzusammensetzung wiedergegeben. Wenn der Durchschnitt von diesen zwei Bestimmungen mit der an der Olguita-Asche ausgeführten verglichen wird, so ergibt es sich, dass die letztere nicht nur, wie im nächstvorhergehenden Abschnitt gezeigt wurde, hinsichtlich der Dimensionen der Partikel, sondern auch mit Bezug auf die Art derselben besser sortiert als die erstere ist. So ist die Olguita-Asche nahezu 2 Volumenprozent reicher an dem spezifisch leichten Glas, und ausserdem ist die Proportion zwischen hellen, leichten und dunklen, schweren kristallisierten Mineralen von ungefähr 1 : 1 in der Buenos-Aires-Asche bis zu etwa 2 : 1 in der ersteren verschoben worden.

Die weitaus dominierende Komponente der Asche, das Glas, tritt mit denselben drei Typen auf wie in der von KREUTZ (2I. p. 320—321) beschriebenen Asche von Buenos Aires. Der am häufigsten vorkommende besteht aus homogenen, kompakten Scherben, gern mit muschligem Bruch (Fig. 4I), und repräsentiert offenbar ein zersprengtes Obsidianglas. In

wenig kleinerer Quantität als dieser kommt der in der Figur 4 II abgebildete, fibröse Typus vor, während der globulöse Typus (III) quantitativ stark zurücktretend ist. Der strukturelle Unterschied zwischen den zwei letzteren ist wahrscheinlich auf den Umstand zurückzuführen, dass der Typus III ruhig, der Typus II aber während gleichzeitiger differenzieller Bewegungen des Magmas erstarrt ist, wodurch die gasförmigen Einschlüsse im letzteren Falle stark ausgezogen worden sind.

Das Glas ist gewöhnlich vollständig klar und farblos, nur selten mit einer schwach gelbbraunlichen Schattierung. Optisch verhält es sich vollkommen isotrop. Mit einem Leitz'schen Universaldrehtischrefraktometer wurden zwei Bestimmungen der Lichtbrechung mit dem Resultat

$$n=1,495 \text{ bzw. } 1,497$$

ausgeführt. Als Vergleich damit sei angeführt, dass S. KREUTZ (27. p. 321) die Lichtbrechung des ungefärbten Glases der Asche von Buenos Aires zu $n=1,490-1,495$ bestimmte, während TH. G. SAHLSTEIN (37. p.

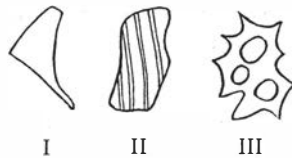


Fig. 4. Typen von Glasparkeln in der Asche von Estancia Olguita.

35) die Lichtbrechung des Glases in der Asche von derselben Lokalität zwischen den Werten $n=1,486$ und $1,498$ zu liegen angibt. Nach ROSENBUSCH—MÜGGE (45. Tabelle IV) entspricht der vom Verfasser bestimmte Wert der Lichtbrechung ungefähr dem Durchschnitt für Perlit, fällt aber innerhalb des Variationsintervalles für sowohl Trachyt- als Andesitglas. M. STARK (46. p. 549) hat den Zusammenhang zwischen Lichtbrechung und Kieselsäuregehalt der natürlichen Gläser graphisch veranschaulicht. Die verschiedenen Projektionspunkte fallen nicht auf eine Linie, sondern innerhalb einer ziemlich breiten Zone, so dass einer gewissen Lichtbrechung ein innerhalb eines Intervalles von 5—8 % fallender Kieselsäuregehalt des Glases entspricht. So sollte eine Lichtbrechung von $n=1,496$ (Durchschnitt der ausgeführten Bestimmungen) voraussichtlich eine innerhalb des Intervalles 70—77 % SiO_2 liegenden Zusammensetzung des Glases angeben. Eine von Fil. Dr. NAIMA SAHLBOM ausgeführte Kieselsäurebestimmung von der Glasfraktion der Asche (Spéz. Gew. $< 2,385$) zeigte tatsächlich

$$\text{SiO}_2=69,35 \text{ \%}$$

Von kristallisierten Mineralen sind Plagioklas, Hornblende, Pyroxen, sowohl rhombischer als monokliner, Magnetit und Apatit beobachtet worden.

Von diesen ist der Plagioklas quantitativ am reichlichsten vertreten. Die Feldspatsplitter entbehren gewöhnlich angeheftetes Glas und bilden offenbar Bruchstücke grösserer Kristalle. Mittelst der Fedorow-Methode wurde der Anorthitgehalt von zwei nach den Albit- bzw. Albit-Ala-Gesetzen verzwillingten Individuen als 40 bzw. 37 % An enthaltend bestimmt, also ein mittelsaurer Andesin, was von der Lichtbrechung bestätigt wird, da γ' zu 1,566 bestimmt wurde.

Orthoklas hat nicht nachgewiesen werden können und dürfte auch fehlen, weil in einer Immersionsflüssigkeit mit $n = 1,524$ sämtliche kristallisierte Minerale höhere Lichtbrechung als diese zeigten. Quarz hat auch nicht identifiziert werden können. Diese zwei Minerale werden von KREUTZ aus der Buenos Aires-Asche auch nicht erwähnt, während SAHLSTEIN (37. p. 35) das Vorhandensein von Quarz angibt. Möglicherweise handelt es sich in diesem Falle um lokale, fremde Einmischung, was auch von dem nach KITTL (19. p. 359—360) in der Asche aus dem westlichen Argentina nachgewiesenen Orthoklas gesagt werden kann, eine Tatsache, die auch KITTL selbst betont.

Von den mafischen Mineralen ist die Hornblende das auffallendste durch ihre verhältnismässig kräftige Farbe mit Pleochroismus in braungrünen und gelbgrünen Abstufungen. An einem kleinen Splitter, nahezu senkrecht zu β orientiert, wurde die Auslöschung $c:\gamma = 15^{\circ},5$ gemessen. Der Achsenwinkel war gross und negativ. Während die Hornblende wie der Plagioklas in unregelmässigen, teilweise von Spaltebenen begrenzten Splittern vorkommt, ihren Ursprung aus zersprengten, grösseren, phäno-krystartigen Kristallen im Ausgangsmaterial andeutend, treten die Pyroxene gern als mikrolithische Kristalle auf, oft zum grossen Teil mit einer unregelmässigen Hülle von Glas. Ein einfacher Zwillung nach (100) von einem monoklinen, diopsidischen, schwach grünen Pyroxen, in Glas beinahe ganz eingeschlossen, zeigte gleichzeitige Auslöschung der beiden Individuen, $c:\gamma = 45^{\circ}$. Der rhombische Pyroxen, in quantitativ sehr unbedeutender Menge vorkommend, hat einen kaum wahrnehmbaren Pleochroismus, einen verhältnismässig niedrigen Eisengehalt andeutend. Der Apatit schliesslich, durch seine hohe Lichtbrechung, niedrige Doppelbrechung und negative Längsrichtung leicht erkennbar, tritt als in Glas gern eingeschlossene Kristallnadeln von ungefähr denselben Dimensionen wie die rhombischen Pyroxene auf.

C. Chemische Zusammensetzung.

Von der unveränderten Asche von Estancia Olguita hat Fil. Dr. NAIMA SAHLBOM eine vollständige Gesteinsanalyse ausgeführt. Das Resultat der Analyse, zu der eine Quantität von etwa 3—4 gr verbraucht wurde, ist in

der Tabelle V wiedergegeben, wo auch die berechnete normative Mineralzusammensetzung und die NIGGLI'schen Werte angegeben sind.

In Betracht des Umstands, dass kein individualisierter Quarz in der Asche hat nachgewiesen werden können, sondern nur Minerale mit verhältnismässig niedrigem Kieselsäuregehalt, ist der höhere totale Kieselsäuregehalt der Asche (70,20 %) im Vergleich zu dem der Glaskomponente (69,35 %) schwierig zu erklären. In Erwägung, dass, wie aus dem Nachstehenden teilweise hervorgehen wird, der an der Asche bestimmte Kieselsäuregehalt

Tabelle V.

	Gew.-%	Mol.-Prop.	Norm		Niggliwerte	
SiO ₂	70,20	11,688	Q	22,74	} 94,11	si 342
TiO ₂	0,60	75	or	26,13		al 42,5
Al ₂ O ₃	14,86	1,458	ab	37,73		fm 13
Fe ₂ O ₃	0,96	60	an	7,51		c 10
FeO	1,26	175	di {	CaSiO ₃ 0,46	} 5,41	alk 34,5
MnO	0,06	9		MgSiO ₃ 0,31		100,0
MgO	0,54	134		FeSiO ₃ 0,13		ti 2,19
CaO	1,88	335	hy {	MgSiO ₃ 1,03	} 5,41	h 12,98
Na ₂ O	4,46	719		FeSiO ₃ 0,53		p 0,20
K ₂ O	4,43	470	mt	1,39	o 0,27	
H ₂ O +	0,80	444	il	1,22	mg 0,31	
H ₂ O —	0,15		ap	0,34	k 0,40	
P ₂ O ₅	0,10	7	H ₂ O	0,80		
Summe	100,30			100,32		

sehr plausibel ist, während andererseits die Lichtbrechung des Glases nach dem, was im Vorhergehenden (p. 39) gezeigt worden ist, einer etwas azideren Zusammensetzung als die angegebene entsprechen sollte, dürfte man jedoch mit ziemlich grosser Gewissheit behaupten können, dass die Bestimmung des Kieselsäuregehalts der Glasfraktion 1—2 % zu niedrig ausgefallen ist.

IV. Die äolische Differentiation der Quizapú-Asche.

Beim Transport in der Luft von einem aus Komponenten mit verschiedenen spezifischen Gewichten zusammengesetzten Material wie einer vulkanischer Asche ist ein Prozess tätig, den man als äolische Differentiation bezeichnen kann. Die spezifisch schwereren Komponenten neigen dazu, früher als die leichteren deponiert zu werden, weshalb das nahe am Ursprungs-

ort abgesetzte Material an den schwereren, das am weitesten transportierte an den leichteren Komponenten angereichert sein soll.

Wenn es sich, wie in unserem Falle, um eine Asche handelt, die durch das Zersprengen eines Gesteins bzw. Magmas entstanden ist, das Kristalle von hauptsächlich Plagioklas und Hornblende in einer reichlichen Glasbasis enthalten hat, und da diese Minerale einen erheblich niedrigeren Kieselsäuregehalt und höheres spezifisches Gewicht besitzen als das Glas, in dem sie eingebettet gewesen sind, so wird das auffallendste Resultat der äolischen Differentiation mit gleichförmigen Transportverhältnissen ein mit dem Abstand vom Ausbruchsort zunehmender Kieselsäuregehalt der deponierten Asche. Wie an der schematischen Figur 5 illustriert wird, kann man erwarten, dass die in der unmittelbaren Nähe des Vulkans gefallene Asche mehr basisch als das Ausgangsmaterial (I), z. B. gleichzeitig ausge-

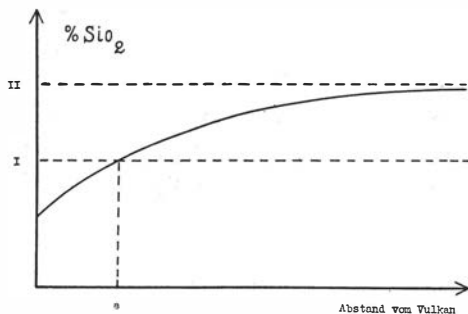


Fig. 5. Schematisches Diagramm über die Veränderung des Kieselsäuregehalts einer vulkanischen Asche mit dem Abstand vom Vulkan (siehe im Text).

worfener Bimsstein, sein soll und dass die erst in einem von den Windverhältnissen und den Proportionen zwischen den eingehenden Komponenten bedingten Abstand (a) vom Ausbruchsherd denselben Kieselsäuregehalt als der des Ausgangsmagmas zeigen soll. Mit erhöhtem Abstand muss die Azidität der Asche sich offenbar immer mehr der des Glases (II) nähern, wie die Figur andeutet.

Dass eine in der Nähe des Ausbruchsorts gefallene, vulkanische Asche in der Tat mehr basisch ist als gleichzeitig ausgeworfene, gröbere, feste Produkte oder ausgeflossene Lava, kann aus verfügbarem Analysenmaterial ausgelesen werden. So zeigten laut von LACROIX (43. p. 527, 531) veröffentlichten Analysen eine »bombe craquelée« bzw. Lapilli bei der Eruption von Montagne Pelée am 30. August 1902 einen Kieselsäuregehalt von 63,10 bzw. 62,55 %, während die gleichzeitig ausgeschleuderte und an drei Stellen in der Nähe des Vulkans eingesammelte Asche 60,25, 59,95 bzw. 61,95 % SiO₂ ergab. Dieselbe Beziehung gilt auch für den Ausbruch von Krakatau i. J. 1883, indem nach von v. WOLFF (48. p. 212) angeführten Analysen der Andesitbimsstein 68,51 bzw. 69,4 % SiO₂ zeigten, während die auf der

Tabelle VI.

	I a	I b	II	III	IV
SiO ₂	63,79	64,55	67,45	69,78	70,20
TiO ₂	0,78	0,72	0,45	0,46	0,60
Al ₂ O ₃	16,20	15,61	17,28	15,44	14,86
Fe ₂ O ₃	2,92	1,77	1,37	0,75	0,96
FeO	1,40	2,06 (2,66)	0,90	1,59	1,26
MnO	0,11	0,13	0,09	—	0,06
MgO	1,06	1,28	1,05	0,60	0,54
CaO	3,87	3,06	3,15	2,12	1,88
Na ₂ O	5,91	6,87 (5,09)	4,76	4,41	4,46
K ₂ O	2,83	3,37 (4,91)	3,20	3,91	4,43
H ₂ O—	0,29	0,16 (0,70)	0,18	0,16	0,15
H ₂ O+	0,97	0,70 (0,16)	0,42	0,88	0,80
P ₂ O ₅	0,22	Sp.	Sp.	0,06	0,10
F	—	— (Sp.)	—	—	—
Summe	100,35	100,28 (100,64)	100,30	100,16	100,30

I a. *Lapilli* (Ein Stein). Puesto El Tristan, Valle del Río Tordillo (19. p. 362).

I b. *Lapilli* (Durchschnitt von 8 Steinen). Dasselbe Lokal wie I a (19. p. 362).

Die eingeklammerten Zahlen nach FRIEDLAENDER (16. p. 122).

II. *Vulkanische Asche*. Los Coroneles, puente del Río Diamante (19. p. 362).

III. » » . Buenos Aires (21. p. 319).

IV. » » . Estancia Olguita, Provinz Cordoba. (Siehe oben p. 41).

Insel gefallene Asche nur 65,04, 66,26 bzw. 60,13 % SiO₂ enthielt. Als ein dritter Fall sei der Ausbruch von Lassen Peak i. J. 1915 angeführt, von wo (48. p. 638) glasiger Pyroxenandesit 69,88 % SiO₂, Andesitbimsstein 67,16 %, die Andesitasche aber nur 64,72 % SiO₂ enthielten. Diese Beispiele könnten sicher vervielfacht werden, aber die angeführten mögen genügen, um diese wahrscheinlich bei jedem vulkanischen Aschenausbruch, obschon in verschiedenem Grade, wirkende Seite der äolischen Differentiation zu illustrieren.

Wir gehen jetzt dazu über, die äolische Differentiation der Quizapú-Asche etwas näher zu behandeln. Von den auf diesen Ausbruch bezüglichen Produkten liegen die fünf chemischen Analysen vor, die in der Tabelle VI wiedergegeben sind. In der Tabelle VII sind die NIGGLI'schen Zahlen für diese und zum Vergleich damit für jede Analyse (I b ausgenommen) ein aus NIGGLI's Tabellen (44) entnommenes, in seinem Chemismus nahe übereinstimmendes, von äolischer Differentiation unbeeinflusstes Magmastein angeführt. Dabei ist im Folgenden wegen der Unsicherheit, die

einigen Werten anhaftet, die Analyse I b nicht berücksichtigt worden, was so viel leichter möglich ist, da sie von demselben Ort wie I a stammt und auch eine mit dieser nahe übereinstimmende Zusammensetzung zeigt.

Die Analyse I a, die von einem 2 cm grossen, vulkanischen Auswürfling mit Phänokristallen von Hornblende und Plagioklas ausgeführt worden ist, welcher Auswürfling etwa 85 km östlich des Vulkans eingesammelt wurde, wohin er von dem westlichen Orkan beim Ausbruch geschleudert worden ist, dürfte höchst wahrscheinlich die chemische Zusammensetzung desjenigen Ursprungsmaterials repräsentieren, das in feinverteilter Form als vulkanische Asche äolische Differentiation erlitt. Wie aus der Tabelle VII erhellt, zeigt die Analyse eine ziemlich grosse Ähnlichkeit mit der eines Andesits von Santorini (A) und entspricht am nächsten einem Übergangsglied zwischen quarzdioritischem und plagioklasgranitischem Magma nach NIGGLI (44), jedoch mit einer etwas grösseren Affinität zum erstgenannten Magmatypus.

Die Asche von Los Coroneles (II), 230 km vom Vulkan, ist schon entschieden saurer als das hier angenommene Ausgangsmaterial der äolischen Differentiation und würde also in der Figur 5 rechts vom Punkt a fallen. Sie hat am ehesten eine quarzmonzonitische Zusammensetzung (B) und ist ein typischer Vertreter der plagioklasgranitischen Magmen nach NIGGLI.

Noch bedeutend saurere Glieder der äolischen Differentiationsreihe sind die in Buenos Aires bzw. Estancia Olguita gefallenen Aschen. Dabei sei

Tabelle VII.

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>o</i>	<i>mg</i>	<i>k</i>	<i>p</i>	<i>ti</i>	<i>h</i>
I a	243	36,5	19	16	28,5	0,44	0,31	0,24	0,37	2,24	12,31
A	255	40,5	21	12,5	26	—	0,27	0,21	—	—	—
II	285	43	14,5	14,5	28	0,29	0,46	0,31	—	1,42	5,92
B	303	42,5	17	14,5	26	—	0,49	0,21	—	—	—
III	334 ¹	43,5	13,5	11	32	0,20	0,32	0,37	0,11	1,67	14,04
C	336	43	14	11	32	—	0,29	0,45	—	—	—
IV	342	42,5	13	10	34,5	0,27	0,31	0,40	0,20	2,19	12,98

A. *Andesit*. Santorini, Aeg. Inseln (44. p. 120).

B. *Quarzmonzonit*. Indian Valley, California (44. p. 120).

C. *Granit*. Val Roseg, Bernina (44. p. 112).

¹ Von KREUTZ und JUREK (21. p. 319—320) ist *si* fehlerhaft zu 253 berechnet worden, weshalb die von diesen Verfassern behauptete Ähnlichkeit zwischen der Buenos Aires-Asche und Andesit von Santorini, Aeg. Inseln (siehe Tabelle VII, Analyse A; von KREUTZ und JUREK wird fehlerhaft Santorini, Indian Valley angegeben) tatsächlich nicht vorliegt.

auf den interessanten Umstand hingewiesen, der schon im Vorhergehenden seine Erklärung gefunden hat, dass die Olguita-Asche trotz dem wesentlich kleineren Abstand des Depositionsorts vom Vulkan, 780 km, doch ein extremeres Differentiationsglied als die bis nach Buenos Aires, 1,120 km, transportierte repräsentiert. Beide wären als Magmagesteine zu NIGGLI's yosemitischem Magmatypus zu rechnen, also saurer als die normalgranitischen Magmen.

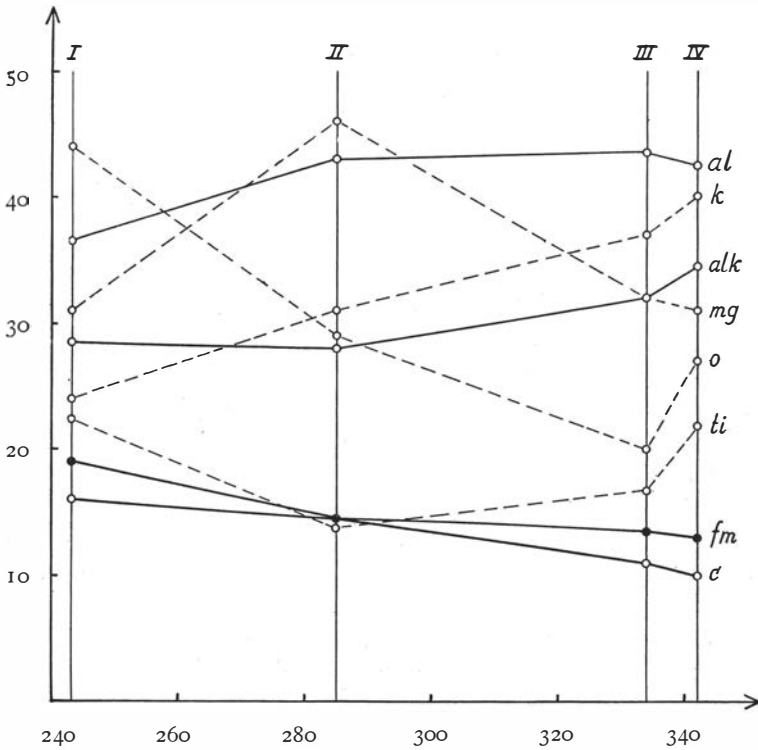


Fig. 6. Variationsdiagramm nach NIGGLI über die äolische Differentiation der Quizapú-Asche. Siehe weiter im Text.

Ein anschauliches Bild vom Verlauf und Resultat der äolischen Differentiation gibt uns die Figur 6, die ein Variationsdiagramm nach NIGGLI über die Differentiation der Quizapú-Asche repräsentiert. Wie schon angedeutet, ist hier nur der im Verhältnis zum Ausgangsmaterial saurere, distale Teil der Differentiationsreihe vertreten, da von dem basischeren, proximalen Teil kein Analysenmaterial vorliegt.

Die Kurven für *fm* und *c* zeigen mit steigendem *si* einen stetig fallenden Verlauf zufolge des im Verhältnis zu dem des Glases höheren spezifischen Gewichtes der femischen Minerale und des Plagioklases und daraus folgender Neigung, früher deponiert zu werden. Infolge des Umstands, dass die kalkfreien oder kalkarmen, femischen Minerale durch ihr im Vergleich

mit dem kalkreichen Plagioklas höheres spezifisches Gewicht eine Tendenz haben, verhältnismässig reichlicher als dieser letztere in den früher niedergefallenen Aschen als in den später deponierten enthalten zu sein, wird die Tatsache erklärt, dass im basischen Teil des Diagrammes die *fm*-Kurve steiler als die *c*-Kurve abfällt, während nach der saureren Seite das entgegengesetzte Verhältnis herrscht. Dieselbe Erklärung kann auf den Verlauf der *al*-Kurve (zuerst kräftige Steigerung, dann einigermaßen horizontaler Verlauf) bezogen werden, da die femischen, schweren Minerale auch arm an Tonerde sind. Das Ansteigen der *alk*- und besonders der *k*-Kurve steht ja in guter Übereinstimmung mit der mit vorschreitender Differenzierung parallel gehenden Anreicherung an dem alkali- und besonders kali-reichen Glas. Der Verlauf der *o*- und *ti*-Kurven (zuerst Abfallen, dann Steigen) ist ein Resultat des Umstands, dass Fe_2O_3 und TiO_2 teils in dem früh ausdifferenzierten Gliedern verhältnismässig angereicherten Erz, teils in dem in den extrem sauren Gliedern dominierenden Glas vorkommen, während die dunklen Silikatminerale und der Plagioklas diese Komponenten entweder überhaupt nicht oder in nur verhältnismässig unbedeutender Menge enthalten. Eine andere Folge der Erscheinungsweise des dreiwertigen Eisens ist die, dass die *mg*-Kurve einen im Verhältnis zu dem der *o*-Kurve entgegengesetzten Verlauf nimmt, indem sie zuerst steigt und dann abfällt.

Wenn das in der Figur 6 gegebene Differentiationsdiagramm rück-sichtlich der NIGGLI'schen Hauptwerte mit einem entsprechenden magmatischen Variationsdiagramm, z. B. dem entsprechenden *sz*-Intervall in dem von NIGGLI (44. p. 198) konstruierten Normaldiagramm für die Magmen der Kalk-Alkali-Reihe, verglichen wird, so ist es interessant, eine teilweise in Einzelheiten gehende Übereinstimmung zwischen denselben zu finden. Die bei der Differentiation tätige Hauptkraft ist ja tatsächlich in beiden Fällen dieselbe, nämlich die Gravitation. Was im einen Falle auf kurze Zeit in einem besonders leichtbeweglichen Medium zustande gebracht wird, erfordert im zweiten Falle in einem ausserordentlich viskösen Medium eine ungleich längere Zeit. Bei der äolischen Differentiation haben wir ja offenbar mit einer gravitativen Kristall-Differentiation zu tun. Aus dieser Tatsache und dem Umstand, dass die äolische und die magmatische Differentiation zu nahe übereinstimmenden Resultaten führen, die Schlussfolgerung zu ziehen, dass auch die letztere notwendigerweise stets eine gravitative Kristallisationsdifferentiation sein muss, dürfte voreilig sein, obschon die jetzt erwähnten Verhältnisse zweifelsohne gewissermassen in diese Richtung zu deuten scheinen.

Die im Diagramm Fig. 6 veranschaulichte Differentiationsreihe erstreckt sich über einem *sz*-Intervall von 100 Einheiten. Dazu kommt, dass der komplementäre, im Verhältnis zum Ausgangsmaterial mehr basische Teil der Reihe im Diagramm nicht repräsentiert ist. Dieser Teil dürfte nach

dem, was vorher (p. 42) angeführt worden ist, geschätzt werden können und noch ein *sz*-Intervall von etwa 50 Einheiten umfassen.

Es ist, wie ersichtlich, keine unbedeutende chemische Aufteilung des Materials, die durch die äolische Differentiation zustande gebracht wird. In der Gegenwart, wo grössere Aschenausbrüche nicht gerade alltägliche Ereignisse sind, dürften die hier behandelten petrogenetischen Prozesse eine ziemlich unbedeutende Rolle in quantitativer Hinsicht spielen; wenn es aber frühere geologische Perioden mit ausgeprägter vulkanischer Tätigkeit, z. B. der Leptitformation von Fennoskandia, gilt, dürfte dagegen die äolische Differentiation von pyroklastischem Material sicher in einem bedeutend grösseren Ausmasse tätig gewesen sein, als bisher berücksichtigt worden ist.

V. Anhang. – Asche vom Ausbruch des Vulkans Calbuco 1929.

Von seiner letzten Expedition nach Patagonien brachte Dozent Dr. E. LJUNGNER, Upsala, eine Probe von vulkanischer Asche mit, die in San Carlos de Bariloche am Südufer von Lago Nahuel Huapí am 6. Januar 1929 eingesammelt worden war und von dem chilenischen Vulkan Calbuco stammt. (Betreffs der Lage siehe die Figur 1.) Diese Aschenprobe wurde gütigst dem Verfasser zwecks Untersuchung übergeben und eine kurze Beschreibung derselben mag in diesem Zusammenhang folgen.

Das zur Verfügung stehende Material, nur etwa 2 gr betragend, besteht aus einem dunkelgrauen, feinkörnigen Pulver, in dem mit unbewaffnetem Auge dunklere und hellere Körner unterschieden werden können. Eine in derselben Weise wie an der Olguita-Asche (p. 35) ausgeführte Bestimmung des Volumengewichts ergab folgende Werte:

Volumengewicht

a) der locker luftsedimentierten	Asche	1,016
b) » leicht zusammenschüttelten	»	1,242
c) » mässig zusammengepressten	»	1,299

Die Bestimmungen an den beiden Aschen sind in der Figur 7 graphisch wiedergegeben. Das Volumengewicht der Calbuco-Asche ist bedeutend grösser als das der Olguita-Asche, was daraus erklärt wird, dass die letztere hauptsächlich Glas von kieselsäurereicher Zusammensetzung enthält, während die erstere wesentlich aus kristallisierten Mineralen basischen Charakters besteht. Mit diesem Umstand und auch besonders dem Auftreten unregelmässig konturierter Partikel von bimssteinartigem Glas (Fig. 4 III) in der Olguita-Asche hängt die grössere Kompressibilität derselben ab, die sich in der Figur 7 durch die nach oben konkave Form der diese Asche repräsentierenden Kurve zu erkennen gibt, während die Kurve der Calbuco-Asche eine nach oben konvexe Form zeigt.

Mineralogisch besteht die Calbuco-Asche aus Fragmenten von Plagioklas, rhombischem Pyroxen und Erz nebst Bruchstücken von aphanitischer Grundmasse, die teilweise den Kristallfragmenten primär anheftet. Ziemlich vereinzelt wird auch ein bräunliches Glas angetroffen. Die Korngrösse ist durchschnittlich etwa 0,075 mm. Einige Fragmente von Plagioklas von einer Grösse bis zu 0,25 mm sind aber gemessen worden. Sie ist also bedeutend grobkörniger als die Olguita-Asche. Die Transportstrecke Calbuco—San Carlos ist auch nur etwa 22 km.

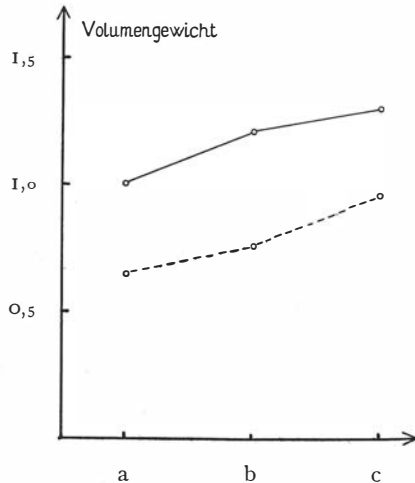


Fig. 7. Volumengewichte der La Olguita- (gestrichelt) und Calbuco-Aschen (ausgezogen). Siehe im Text.

Der Plagioklas ist reichlich polysynthetisch verzwilligt und stark zonargebaut, was aus folgenden 10 Bestimmungen hervorgeht, Fragmente von verschiedenen Teilen ursprünglich zonarstrukturierter Kristalle repräsentierend:

53, 62, 62, 65, 67, 69, 71, 72, 76, 88 % An.

Der rhombische Pyroxen, der in maximal nicht so grossen Körnern wie der Plagioklas auftritt, zeigt einen deutlichen Pleochroismus in

α = gelbgrau
 β = rotbräunlich grau
 γ = grüngrau

Der Achsenwinkel (5 Bestimmungen mit $2V_{\alpha} = 60, 61, 62, 63$ bzw. 65°) entspricht nach WINCHELL (43. p. 177) einem Hypersthen mit 37—44 % FeSiO_3 .

Über die petrographische Beschaffenheit der Produkte des Ausbruchs von Calbuco 1929 liegt eine Angabe von STONE (40. p. 94) vor, dass die

Tabelle VIII.

	I		II	III
SiO ₂	58,58	si	189	197
Al ₂ O ₃	20,27	al	38,5	36,5
Fe ₂ O ₃	7,62	fm	26,5	26,5
FeO	0,00	c	22	24,5
MnO	0,29	alk	13	12,5
MgO	1,50		100,0	100,0
CaO	6,38	k	0,09	0,17
Na ₂ O	3,70	mg	0,27	0,33
K ₂ O	0,55			
P ₂ O ₅	0,20			
SO ₃	0,07			
Cl	0,09			
H ₂ O+	0,43			
H ₂ O-	0,11			
Summe	99,79			

- I. *Hypersthenandesitasche*. Calbuco, Ausbruch 1893. Analytiker A. BEUTELL (48. p. 400—401).
- II. Niggliwerte von I.
- III. » » *Andesit*. Martinique, Westindien (44. p. 123).

Laven basaltisch seien. In einer Fussnote wird aber mitgeteilt, dass nach mikroskopischer Untersuchung kein Olivin, sondern Hypersthen auftritt. Um einen Begriff vom Chemismus des Calbuco-Magmas zu geben, wird hier eine chemische Analyse einer Asche vom Ausbruch dieses Vulkans 1893 wiedergegeben (Tabelle VIII). Wie aus der zum Vergleich angeführten Analyse (III) erhellt, war die Asche des Jahres 1893 von andesitischer Zusammensetzung mit einer deutlichen Tendenz zu peléitischem Chemismus im Sinne NIGGLI's.

VI. Literaturverzeichnis.

A. Literatur über die Eruptionen von Quizapú (1932) und Calbuco (1929).

(Die mit * bezeichneten Schriften haben mir nur in Referaten zur Verfügung gestanden).

1. BARROIS, CH.: Sur une pluie de cendres de Buenos-Aires. (Ann. Soc. Géol. du Nord. 57. p. 110.) Lille 1932.
2. BOBILLIER, C.: Informe preliminar sobre la erupción del Volcán Quizapú en abril de 1932. (Boletín del Serv. Sism. de la Univ. de Chile. XXII. p. 29—39.) Santiago 1932.
3. ———: Séismes et éruptions récents au Chili. Année 1929. (Matériaux pour l'étude des calamités. No 25. I. p. 42—43.) Genève 1931.
4. BRÜGGEN, J.: Der Aschen- und Bimsstein-Ausbruch des Vulkans Quizapú in der chilenischen Kordillere. (Z. f. Vulk. XV. p. 100—104.) Berlin 1933.
5. *———: Der grosse Aschen- und Bimsteinausbruch des Vulkans Quizapú in der Cordillere von Talca. (Deutsche Monatshefte für Chile. H. 5. Maj 1932. p. 126.) Valdivia 1932.
6. ———: Der Vulkanismus Chiles und besonders die Katastrophe im April 1932. (Die Naturwissenschaften. 21. p. 705.) Berlin 1933.
7. ———: Der Vulkanismus Chiles mit besonderer Berücksichtigung der grossen Katastrophe vom April 1932. (Jahreshefte d. Vereins f. vaterländ. Naturkde in Württemberg. 89. p. LXII—LXIV.) Stuttgart 1933.
8. ———: Grundzüge der Geologie und Lagerstättenkunde Chiles. (Math.-naturw. Klasse d. Heidelberger Akad. d. Wiss. p. 196.) Heidelberg 1934.
9. BURKY, CH.: L'Argentine et le Chili sous la pluie de cendres. (Matériaux pour l'étude des calamités. No 27. 3. p. 256—259.) Genève 1932.
10. *BUSTOS, J. N.: Die letzte vulkanische Krise. Der Ausbruch des Quizapú im April dieses Jahres. (Andina. 10, 2. p. 24.) Santiago de Chile 1932.
11. *CARLI, F. D.: I fenomeni sismo-vulcanici della Cordigliera delle Ande nell'aprile del 1932. (Boll. d. Soc. Sism. Ital. 30. 3—4. p. 125—135.) Roma 1932.
12. *DARTAYET, M.: Observación de la lluvia de cenizas del 11 abril de 1932 en La Plata. (Revista astronómica. IV. 3. p. 183.) Buenos Aires 1932.
13. DAVISON, CH.: The eruptions in the Andes. (Nature. 129. p. 604.) London 1932.
14. Effects of the volcanic outbreaks in Argentina and Chile. (Geografiska Annaler. XIV. H. 3—4. p. 322—323.) Stockholm 1932.
15. Eruptions et pluies de cendres. (L'illustration. No 4654. 14 mai 1932. p. 44—45.) Paris 1932.
16. FRIEDLAENDER, J.: Der grosse Ausbruch in der chilenisch-argentinischen Kordillere im April 1932. (Z. f. Vulk. XV. p. 116—123.) Berlin 1933.

17. FUENZALIDA, H. y DONOSO, E.: Observaciones de 1932 y estudio de la actividad de los Volcanes Quizapú y Descabezado. (Boletín del Serv. Sism. de la Univ. de Chile. XXIV.) Santiago 1934.
18. JONES, H. S.: The Andean Eruption and Sunset and Sunrise Glows in South Africa. (Nature. 130. p. 279.) London 1932.
19. KITTL, E.: Estudio sobre los fenómenos volcánicos y material caído durante la erupción del grupo del »Descabezado» en el mes de abril de 1932. (Anal. del Museo Nac. de Hist. Nat. 37. p. 321—364.) Buenos Aires 1933.
20. KNOCHE, W.: Ausbruchswolke des Quizapú. (Meteor. Zs. 49. p. 402.) Braunschweig 1932.
21. KREUTZ, S. et JUREK, M.: Cendres volcaniques tombées en Avril 1932 à Buenos Aires. (Ann. Soc. Géol. Pologne. 8. p. 316—330.) Kraków 1932.
22. LJUNGNER, E.: Sydamerikas hemsökta område. (Göteborgs handels- och sjöfartstidning. 23 April 1932. N:o 93.) Göteborg 1932.
23. LORENTE, J. M.: Asche von südamerikanischen Vulkanausbrüchen über Europa? (Meteor. Zs. 50. p. 69.) Braunschweig 1932.
24. *LUNKENHEIMER, F.: La erupción del Quizapú en abril de 1932. (Revista astronómica. IV. p. 173.) Buenos Aires 1932.
25. *—: La erupción del volcán chileno Quizapú del mes de abril de 1932. (Boll. d. Soc. Sism. Ital. 30. 5. p. 155.) Roma 1932.
26. *MAASS, A.: 14 Tage in der Kordillere von Talca, der Zone der tätigen Vulkane. (Andina. 10. 2. p. 27—37.) Santiago de Chile 1932.
27. *—: Zum Ausbruch des Vulkans Quizapú am 10. und 11. April 1932. (Der Sonntag. Illustr. Wochenblatt der deutschen Zeitung für Chile. Nr. 197. 5. 8. 5. 1932.)
28. Nachrichtendienst über vulkanische Ereignisse 1929. (Z. f. Vulk. XII. H. 1. p. 57. H. 2—3. p. 236.) Berlin 1929.
29. Nachrichtendienst über vulkanische Ereignisse 1931—32. (Z. f. Vulk. XIV. H. 4. p. 300.) Berlin 1933.
30. *NAVARRETE, J. B.: Estudio sobre la crisis volcanica de la Cordillera. (La Nación. 23 junio 1932.) Buenos Aires 1932.
31. NORDMANN, CH.: Pluies de cendres. (Rev. des Deux Mondes. 1^{er} Mai 1932. p. 215—221.) Paris 1932.
32. RAHM, G. und JUNGE, M.: Der Ausbruch des chilenischen Vulkans Quizapú am 10. und 11. April 1932. (Umschau. 36. p. 648—651.) Frankfurt a. M. 1932.
33. RECK, H.: Der Ausbruch des Quizapú vom 10.—11. April 1932 und seine Folgen. (Die Naturwissenschaften. 21. p. 617—624.) Berlin 1933.
34. *REICHERT, F.: 1929 Eruption of Calbuco, Chile. (The Volcano Letter. No 314.) 1931.
35. RIMBACH, C.: Kurze Mitteilungen über einige chilenische Vulkane. (Z. f. Vulk. XIII. H. 2. p. 109.) Berlin 1930.
36. *ROBILLIER, M.: Erupciones volcanicas en Chile. (Boll. volcanol. 1930. Nr 23—26. p. 135.) Napoli 1934.
37. SAHLSTEIN, TH. G.: Petrologie der postglazialen vulkanischen Aschen Feuerlands. (Acta geographica. 5. No 1. p. 34—35.) Helsinki 1932.
38. SCHILLER, W.: Vulkanischer Aschenregen im La Plata-Gebiete am 11.—12. April 1932. (Geolog. Rundschau. 23. p. 237—238.) Berlin 1932.

39. SMITH, W. C.: Volcanic dust from the Southern Andes. (Nat. History Mag. 1932. p. 233—236.) London 1932.
40. STONE, J. B.: The volcanoes of Southern Chile. (Z. f. Vulk. XVI. H. 2. p. 81—97.) Berlin 1935.
41. VOGEL, M.: Bericht über vulkanische Vorgänge in Mittelchile und den angrenzenden Provinzen Argentiniens, besonders über die Vulkane Descabezado Grande und Cerro Azul (Quizapu). (Z. f. Vulk. XV. p. 105—115.) Berlin 1933.
42. VON WOLFF, F.: Die Vulkankatastrophe in den südamerikanischen Anden. (Nova Acta Leopoldina. Bd. 1. p. 309—310.) Halle 1933.

B. Übrige angeführte Literatur.

43. LACROIX, A.: La Montagne Pelée et ses éruptions. Paris 1904.
44. NIGGLI, P. und BEGER, P. J.: Gesteins- und Mineralprovinzen. Bd. 1. Berlin 1923.
45. ROSEBUSCH, H. und MÜGGE, O.: Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien. I. Band. 2. Hälfte. Stuttgart 1927.
46. STARK, M.: Zusammenhang des Brechungsexponenten natürlicher Gläser mit ihrem Chemismus. (T. M. P. M. XXIII. p. 536—550.) Wien 1904.
47. WINCHELL, N. H. and A. N.: Elements of optical mineralogy. II. New York 1927.
48. VON WOLFF, F.: Der Vulkanismus. II. Band. 1. Teil. Stuttgart 1929.

Gedruckt ^{25/30} 1935.