

ACTA GEOGRAPHICA 5, N:o 1

PETROLOGIE DER POSTGLAZIALEN
VULKANISCHEN ASCHEN
FEUERLANDS

VON

TH. G. SAHLSTEIN

MIT 1 KARTE UND 1 TAFEL

HELSINKI — HELSINGFORS 1932

HELSINKI 1932
SUOMALAISEN KIRJALLISUUDEN SEURAN KIRJAPAINON OY.

INHALT.

	Seite
Vorwort	4
Allgemeine Verbreitung der Asche	5
Chemische Zusammensetzung	5
Regionaler Charakter	10
Zusammenfassung und Vergleichen	25
Anhang: Die Asche des grossen andinen Ausbruchs von 1932	34
Literatur	35

VORWORT.

Bei Gelegenheit einer Expedition nach Feuerland und Süd-Patagonien in den Jahren 1926—1927 wurden nach einer mündlichen Mitteilung Herrn Prof. Dr. AUERS von Dr. CALDENIUS in den dortigen Mooren helle Schichten entdeckt, die er als vulkanische Asche erklärte. In den Jahren 1928—1929, als die Expedition der Geographischen Gesellschaft Finnlands in denselben Gebieten Untersuchungen anstellte, wurden von dem Leiter der Expedition Prof. Dr. VÄINÖ AUER die hellen Ablagerungen aufs neue angetroffen. Später im Laboratorium konnte auch festgestellt werden, dass das Material wirklich grösstenteils aus isotropem Glas besteht und also unzweifelhaft vulkanischen Ursprungs ist.

Nach der Rückkehr begann Prof. AUER das gesammelte Material zu bearbeiten und wollte dabei die Untersuchung der Aschenablagerungen einem Petrologen geben. Dann übernahm ich nach dem Vorschlage meines Lehrers Prof. Dr. PENTTI ESKOLA und unter seiner Leitung die petrologische Seite der betreffenden Arbeit, deren Resultate ich hier zur Veröffentlichung vorlege.

Da ich selbst kein Mitglied der Expedition war, habe ich keine eigenen, im Felde gesammelten Erfahrungen über die Asche; alle regionalen Angaben rühren also von Herrn Prof. Dr. AUER her.

ALLGEMEINE VERBREITUNG DER ASCHE.

Die postglazialen Aschenlager Feuerlands, die viel weiter verbreitet sind als durch die bisherigen Beobachtungen festgestellt werden konnte (vgl. Karte im Schluss), kommen hauptsächlich nur im Moortorf als einzelne von ihrer Umgebung scharf zu unterscheidende Schichten vor und sind verhältnismässig selten unmittelbar auf der Moräne aufzufinden. Somit war die Asche nur bei den Moorbohrungen, die von der Expedition ausgeführt wurden, zu beobachten. Durch diese ergab sich sogleich, dass die Aschenlager der postglazialen Zeit drei verschiedene Horizonte aufweisen, die in folgender Weise bezeichnet wurden:

- III jüngste Schicht
- II mittlere »
- I älteste »

Diese drei Schichten zerfallen nach ihrem mikroskopischen und oft auch megaskopischen Aussehen in zwei Typen. Der dunklere Typ wird durch die Schicht II und der hellere durch die Schichten I und III vertreten. Die megaskopische Farbe des dunkleren Typs ist gewöhnlich intensiv braun und diejenige des helleren weiss bis braun. Die Hauptursache des Farbenunterschieds ist die verschiedene chemische Zusammensetzung: Die Schicht II ist nämlich viel basischer als die Schichten I und III. Die Variation der Farbe in einer und derselben Schicht, die sich übrigens in sehr weiten Grenzen bewegt, rührt von dem Grad der Verwitterung u. a. her. — Die Beschaffenheit der beiden Typen sowie deren Unterscheidung wird später besprochen.

CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG

Die chemische Zusammensetzung der Aschen Feuerlands ist aus den fünf unten stehenden Analysen zu ersehen, die von Dr. L. LOKKA ausgeführt worden sind. Die hinzugefügten Ziffern beziehen sich auf die betreffenden Proben von Prof. AUER.

Wegen des hohen Gehaltes an Humus konnte die Oxydationsstufe des Eisens nicht bestimmt werden. Aus diesem Grunde ist es notwendig, in der Rechnung das Eisen nur als FeO oder Fe₂O₃ zu betrachten, da eine Teilung in die beiden Oxydationsstufen durchaus willkürlich wäre. Betrachtet man Analysen von verschiedenartigen vulkanischen Aschen, so ist zu bemerken, dass sie meistens mehr FeO als Fe₂O₃ führen. Aus diesem Grunde und auch weil die Asche Hypersthen (Fe⁺⁺, Mg)SiO₃ enthält, entspricht es vielleicht den Tatsachen besser, wenn man das Eisen ganz und gar als zweiwertig behandelt.

Was den ziemlich hohen Gehalt an Humusstoffen (C), wie auch an H₂O— betrifft, so stammen diese vom Moor her und gehören also genetisch nicht zu der Asche. H₂O + dagegen trägt in der Asche einen primären Charakter, steht aber im Glas nicht im Gleichgewicht, sondern ist durch die rasche Abnahme der Temperatur beim Ausbruch durch Abschreckung in der Asche geblieben, wie es gewöhnlich im Obsidian der Fall ist. Es muss darum, wie auch die vorhergehenden, bei der Umrechnung eliminiert werden.

Nach obigem geschah die Umrechnung der Analysen auf folgende Weise: Zuerst wurde alles Fe₂O₃ in FeO umgerechnet. Dann wurden C und H₂O ± weggelassen und die Summe der übrigen Oxyde auf 100 % reduziert. Für die so erhaltenen Prozentzahlen wurden die Molekularproportionen und Normen wie gewöhnlich berechnet.

Anal. I. Schicht III. Fjordo Martinez. Nr. 1108.

	%	%	Mol. Zahl	Norm	
SiO ₂	63.73	71.95	1,193	q	34.98
TiO ₂	0.33	0.37	0,005	or	7.78
Al ₂ O ₃	14.51	16.38	0,160	ab	36.15
Fe ₂ O ₃	1.92	FeO 1.96	0,027	an	14.18
MnO	0.05	0.06	0,001	c	2.65
MgO	0.24	0.27	0,007	Σ sal = 95.74	
CaO	2.81	3.17	0,057		
Na ₂ O	3.77	4.26	0,069		
K ₂ O.....	1.15	1.30	0,014	hy { FeSiO ₃	3.04
P ₂ O ₅	0.25	0.28	0,002	{ MgSiO ₃	0.70
C	3.75	—	—	il	0.76
H ₂ O +	4.96	—	—	ap	0.67
H ₂ O —	2.68	—	—	Σ fem = 5.17	
				Σ total = 100.91	
Σ	100.15	100.00	—		

Anal. II. Schicht III. Rio Bueno. Nr. 58.

	%	%	Mol. Zahl	Norm	
SiO ₂	61.26	73.00	1,211	q	37.14
TiO ₂	0.38	0.45	0,006	or	7.78
Al ₂ O ₃	12.62	15.04	0,147	ab	35.11
Fe ₂ O ₃	1.63	FeO 1.75	0,024	an	10.56
MnO	0.03	0.04	0,001	c	2.86
MgO	0.38	0.45	0,011	∑ sal =	
CaO	2.60	3.10	0,055	93.45	
Na ₂ O	3.48	4.15	0,067	hy {	FeSiO ₃ 2.51
K ₂ O.....	1.14	1.36	0,014			MgSiO_{3} 1.10
P ₂ O ₅	0.55	0.66	0,005	il	0.91
C	8.18	—	—	ap	1.68
H ₂ O +	5.17	—	—	∑ fem =	
H ₂ O —	2.66	—	—	6.20	
	∑			∑ total =	
	100.08	100.00	—	99.65	

Bei der Durchsicht der Analysen I und II zeigt sich, dass sie fast identisch sind und nur unbedeutende Unterschiede untereinander aufweisen. Wie später erörtert wird, machen die beiden entsprechenden Proben im Mikroskop den Eindruck eines ziemlich frischen und unverwitterten Materials.

Anal. III. Schicht III. Das südlich vom Lago Lynch gelegene Gebirge. (Ausserhalb der Numerierung.)

	%	%	Mol. Zahl	Norm	
SiO ₂	71.63	79.61	1,320	q	53.64
TiO ₂	0.94	1.04	0,013	or	7.78
Al ₂ O ₃	9.99	11.10	0,109	ab	25.15
Fe ₂ O ₃	1.51	FeO 1.51	0,021	an	5.00
MnO	0.04	0.04	0,001	c	2.96
MgO	0.46	0.51	0,013	∑ sal =	
CaO	1.42	1.58	0,028	94.53	
Na ₂ O	2.65	2.95	0,048	hy {	FeSiO ₃ 1.19
K ₂ O.....	1.17	1.30	0,014			MgSiO_{3} 1.30
P ₂ O ₅	0.32	0.36	0,003	il	1.98
C	3.70	—	—	ap	1.01
H ₂ O +	4.17	—	—	∑ fem =	
H ₂ O —	1.97	—	—	5.48	
	∑			∑ total =	
	99.97	100.00	—	100.01	

Analyse III zeigt gegenüber I und II einen deutlichen Unterschied, da der Gehalt an Al_2O_3 , FeO, CaO und Na_2O sehr niedrig und derjenige an SiO_2 abnorm hoch ist. Diese Eigentümlichkeit findet wohl ihre Erklärung darin, dass die betreffende Probe in stark verwittertem Zustand ist (s. folg. Kap.), während diejenigen der Anal. I und II ein ganz frisches und klares Aussehen haben. — Auf die Eigenart des Gesteins III wird im letzten Kapitel näher eingegangen.

Niggli's Werte:

		si	al	fm	c	alk	k	ti	p
Anal. I	.....	358	47.5	10	17	24.5	.17	1.5	0.7
II	.....	379	46	11	17	26	.17	1.8	1.5
III	.....	373	46	15	12	27	.22	3.6	0.9

Der chemische Charakter der Schicht III, der sich am besten in den Analysen I und II zeigt, entspricht der plagioklasgranitischen Gruppe der dioritischen Magmen (NIGGLI-BEGER 1923), zeigt aber wegen seiner höheren si-Zahl eine gewisse Neigung zu der yosemitischen Gruppe granitischer Magmen.

Anal. IV. Schicht II. Rio Bueno. Nr. 59.

	%	%	Mol. Zahl	Norm	
SiO_2	33.89	56.73	0,941	q	10.80
TiO_2	1.41	2.36	0,030	or	24.46
Al_2O_3	13.84	23.16	0,227	ab	31.96
Fe_2O_3	2.86	FeO 4.30	0,060	an	9.73
MnO	0.07	0.11	0,002	c	8.87
MgO	0.70	1.16	0,029	Σ sal = 85.82	
CaO	1.93	3.23	0,058		
Na_2O	2.27	3.79	0,061		
K_2O	2.47	4.13	0,044	hy { $FeSiO_3$	4.09
P_2O_5	0.62	1.03	0,007	{ $MgSiO_3$	2.90
C.....	21.55	—	—	il	4.56
$H_2O +$	9.09	—	—	ap	2.35
$H_2O -$	9.74	—	—	Σ fem = 13.90	
Σ	100.44	100.00	—	Σ total = 99.72	

Niggli's Werte: si 199, al 48, fm 18, c 12, alk 22, k .42, ti 6.1, p 1.4.

Analyse IV, die allein die Schicht II repräsentiert, zeigt im Vergleich mit der Schicht III einen viel niedrigeren Kieselsäuregehalt, dagegen eine extrem

grosse Menge an Al_2O_3 . Auch Fe, Ti und K sind stark im Vordergrund. Die basische Natur ist in den Normen aus der relativ hohen Summe der femischen Bestandteile ersichtlich.

Die Schicht II steht gewissermassen hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung den Rhombenporphyren zur Seite, zeigt aber doch wegen ihrer geringen alk-Zahl eine deutliche Neigung zu den entsprechenden kalkalkalischen Magmen.

Anal. V. Schicht I. Rio Bueno. Nr. 96.

	%	%	Mol. Zahl	Norm	
SiO_2	53.01	70.27	1,165	q	36.42
TiO_2	0.30	0.40	0,005	or	12.79
Al_2O_3	12.86	17.05	0,169	ab	24.63
Fe_2O_3	2.55	FeO 3.04	0,042	an	9.73
MnO	0.03	0.04	0,001	c	6.53
MgO	0.90	1.19	0,030	sal = 90.10	
CaO	1.91	2.53	0,045		
Na_2O	2.22	2.94	0,047	hy {	FeSiO ₃ 5.02
K_2O	1.64	2.17	0,023		MgSiO ₃ 3.00
P_2O_5	0.28	0.37	0,003	il	0.76
C	12.63	—	—	ap	1.01
$\text{H}_2\text{O} +$	6.29	—	—	Σ fem = 9.79	
$\text{H}_2\text{O} -$	5.63	—	—	Σ total = 99.89	
Σ	100.25	100.00	—		

Niggli's Werte: si 324, al 47, fm 20, c 13, alk 20, k .33, ti 1.4, p .9.

Analyse V zeigt im Vergleich mit I, II und III eine höhere k- und fm-Zahl und eine niedrigere si. Die Schicht I repräsentiert demgemäss einen gewissen Übergang zwischen den plagioklasgranitischen und den normalgranitischen Magmen.

Die oben angeführten Analysen II, IV und V, die von allen drei Schichten desselben Profils ausgeführt sind, bieten eine gute Gelegenheit für den Vergleich des Chemismus der Schichten miteinander; denn Verschiedenheiten, die auf regionale Gründe zurückzuführen sind, können hier nicht in Frage kommen. Ein Umstand, der sofort in die Augen fällt, ist, dass die beiden dem helleren Typ angehörenden Schichten I und III auch hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung einander sehr ähnlich sind und andererseits stark von der Schicht II abweichen.

REGIONALER CHARAKTER.

Die mikroskopische Beschaffenheit der Asche, die weiter unten im Einzelnen besprochen wird, zeigt in einzelnen Schichten eine verhältnismässig weitgehende Konstanz. Die Mineralien sind in allen drei Horizonten fast die gleichen und sind qualitativ über das ganze Untersuchungsareal verbreitet. Dagegen besitzt das Glas der Schicht II seinen eigenen Charakter und unterscheidet sich streng von den Schichten I und III.

Eine vollkommene Mineralbeschreibung ist unter Fjordo Martinez gegeben. Die Beschreibung des Glases bezüglich der Schicht III ist im Besonderen unter Fjordo Martinez zu finden und bezüglich der übrigen Schichten unter Rio Bueno etc.

1.¹ S a n I s i d r o. III.

Die Proben aus San Isidro sind sehr stark verwittert und sandartig und zeigen eine lichtgraue bis weisse Farbe. Die starke Verwitterung äussert sich darin, dass im Material überhaupt keine einheitlichen isotropen Stücke vorkommen, sondern nur Aggregate, die äusserst kleine doppelbrechende Pünktchen in dichter Besetzung führen. Dass diese Aggregate doch unzweifelhaft vulkanischen Ursprungs sind, sieht man daran, dass sie oft als Einschlüsse schöne Hypersthen- und Plagioklasprismen enthalten, ganz wie das isotrope Glas. Die Lichtbrechung des Glases ist aus den sandartigen Aschenproben nicht zu ermitteln. Nur bei Probe Nr. 890, die eine makroskopisch dunkelbraune, ziemlich schwach verwitterte Asche enthält, konnte die etwas schwankende Lichtbrechung zu $n \sim 1.505$ bestimmt werden. Von Mineralien wurden Plagioklas, Hypersthen und grünliche (in der Probe Nr. 919 bräunliche) Hornblende festgestellt.

2. P u e r t o V a l d e z. III (?)

In Puerto Valdez wurde megaskopisch keine Asche gefunden, im Mikroskop sieht man aber doch, dass einige von den gesammelten Torfproben äusserst kleine Mengen deutlichen Glases enthalten. Bei 920 und 932 ist die Lichtbrechung des Glases sicher und zwar $n \sim 1.505$, bei 934 und 935 schien es die gleiche zu sein.

¹ Vgl. Karte im Schluss.

3. Fjordo Staples. II, III.

Vom Fjordo Staples stammen mehrere Proben, von denen einige sehr schöne und frische Asche mit braunem bis sogar gelblichem Farbton führen. Die anderen bestehen megaskopisch nur aus Torfmaterial, zeigen aber im Mikroskop bei mässiger Vergrösserung in manchen Fällen viele bis wenige Glasstücke, die dem unbewaffneten Auge ganz entgehen.

Die Proben Nr. 993, 992, 962, 983 und 1007 der Schicht III weisen schon megaskopisch einen deutlichen Gehalt an Asche auf. Im Mikroskop sieht man, dass sie alle ausser Glas sehr reichlich Plagioklas, Hypersthen und eine grünliche gemeine Hornblende enthalten.

Der Plagioklas der Probe Nr. 993 zeigt mit der Immersionsmethode die Lichtbrechung $1,553 > \alpha' > 1,547$, $\gamma' \sim 1,563$ und entspricht demgemäss der Zusammensetzung $An_{35-40}-An_{52}$.

Vom Hypersthen trifft man sowohl einzelne Splitter als prismenartige Einschlüsse im Glas. Die Lichtbrechung mit der Immersionsmethode: $\alpha \leq 1,687 < \gamma$. Der Pleochroismus ist äusserst schwach wahrnehmbar. In der kristallographischen Längsrichtung ist die Farbe grünlich und senkrecht dazu rötlich.

Von der gemeinen Hornblende wurde die Lichtbrechung zu $1,687 > \gamma > 1,680$, $a \sim 1,656$ bestimmt. Um die optische Orientierung zu ermitteln, wurde das zu untersuchende Pulver in Kanadabalsam eingebettet, weil die Kristallsplitter in der Immersionsflüssigkeit vorwiegend nur auf (110) liegen und also keine Gelegenheit zu der notwendigen Betrachtung der Schnitte parallel zu (100) und (010) bieten. Aus den Achsenbildern geht hervor, dass die optische Achsenebene parallel zu der kristallographischen Symmetrieebene liegt, also $b \parallel \beta$. Die genaue Bestimmung des Winkels $c \wedge \gamma$ ist nicht absolut sicher auszuführen, weil die Lagen (010) parallel zur Schliffebene viel seltener sind als (100), eine Erscheinung, die von der Verschiedenheit der Spaltwinkel herrührt. Hinsichtlich der zur Verfügung gewesenen Schnitten wurde gemessen: $c \wedge \gamma = c:a 15^\circ$. — Der Pleochroismus ist deutlich:

α hellgrünlich

β bräunlich

γ grünlich

$\gamma \sim \beta > \alpha$.

Durch Schlämmen wurden in der Probe Nr. 993 noch ein paar Spaltstücke einer basaltischen Hornblende entdeckt, die wegen ihres starken Pleochroismus sofort in die Augen fallen.

Die in den anderen Proben angetroffenen Mineralien stimmen in ihren Eigenschaften vollkommen mit denjenigen der Probe 993 überein.

Was das Glas betrifft, so ist es oft sehr frisch und unverwittert. Die megaskopische Farbe variiert einwenig. Sie ist im allgemeinen sehr hellbraun, fast grau und zeigt bisweilen einen Stich ins Gelbliche (993), in einem Falle ist sie intensiv braun (1007). Unter dem Mikroskop sieht man in den grösseren Glasstücken, die verhältnismässig reichlich vertreten sind, viele Gasblasen. Sie sind entweder rundlich oder zeigen eine gelängte und oft gefaltete Form. Die Lichtbrechung wurde von allen Proben bestimmt. In der Immersionsflüssigkeit von $n = 1.498$ zeigte das unverwitterte Glas immer eine stärkere Lichtbrechung als die Umgebung. Mit der Flüssigkeit von $n = 1.509$ bewegte sich die Beckesche Linie beim Heben der Mikroskoptube immer auf die Flüssigkeit zu, zeigte aber um verschiedene Glasstücke eine verschiedene Helligkeit. In einigen Fällen war die Beckesche Linie nur mit Mühe wahrnehmbar, in anderen war sie scharf und bewegte sich sogar in einer niedrigeren Flüssigkeit von $n = 1.505$ immer noch in dieselbe Richtung. In der Lichtbrechung gibt es also zwischen den verschiedenen Glasstücken geringe Unterschiede, die hier im Maximum etwa 0.010 betragen.

Die Probe Nr. 1017, die nach AUER zur Schicht II gehört, ist so stark verwittert, dass man daran keine exakten Beobachtungen machen kann.

4. Bahia Beubasin. II, III.

Bei der Bahia Beubasin ist die Asche sehr verwittert, zeigt aber sonst mit derjenigen vom Fjordo Staples eine weitgehende Analogie, die eine natürliche Folge von der geringen Entfernung (etwa 15—20 km) der beiden Gegenden ist. Die starke Verwitterung der Schicht III äussert sich in der dunklen intensiv braunen megaskopischen Farbe der Asche, die z. B. in den Proben Nr. 1040 und 1060 zu sehen ist. Die Lichtbrechung des Glases liegt bei diesen Proben zwischen 1.498 und 1.505. Die Mineralien sind dieselben wie vorher: Plagioklas, Hypersthen, grüne Hornblende. Bei letztgenannter wurde bei der Probe Nr. 1060, die dem Schlämmverfahren untersogen wurde, beobachtet, dass hier die grünlichen Töne der Farben oft durch bräunliche vertreten sind. Die Absorptionsskala ist aber doch wie am Fjordo Staples $\gamma \sim \beta > \alpha$ und die Lichtbrechung $\alpha' \sim 1.656, \gamma' \gtrsim 1.680$.

5. Canal Gabriel. II (?), III.

Probe Nr. 1186 der Schicht III enthält eine makroskopisch lichtgraue Asche mit der Lichtbrechung $1.505 > n > 1.498$. Grüne Hornblende sowie Hypersthen und Plagioklas sind vorhanden.

6. Bahia Queta. III.

Von der Bahia Queta stammen zwei Aschenproben, Nr. 1177 und 1166. Die Asche der ersteren ist dunkelbraun, diejenige der letzteren dagegen grau. Das Glas zeigt in beiden die Lichtbrechung $1.505 > n > 1.498$. Die Proben enthalten Plagioklas, Hypersthen und grünliche Hornblende.

7. Monte Buckland. III (?)

Bei den Proben vom Monte Buckland ist megaskopisch nur in 1150 ein wenig braune Asche zu finden. Die anderen, Nr. 1141, 1143 und 1144, enthalten alle äusserst wenig Glasstücke, die darum nur mit Mühe entdeckt werden können. Die Lichtbrechung des Glases ist überall etwas unterhalb 1.505. Bei 1150, wo man die Sache genauer untersuchen kann, ist sie bisweilen gleich 1.505 und in einigen Fällen sogar etwas höher.

8. Fjordo Martinez. III (?)

Die vom Fjordo Martinez stammenden Proben sind im allgemeinen sehr verwittert und scheinen megaskopisch keine Asche zu führen. Unter ihnen gibt es doch zwei schöne Proben, Nr. 1108 und 1106, von denen erstere wegen ihrer aussergewöhnlichen Grösse und zugleich wegen ihres frischen Aussehens schon im Anfange der Untersuchungen als Musterbeispiel aller feuerländischen Aschen angesehen wurde. Darum wurde sie einer möglichst vollkommenen mikroskopischen Untersuchung, sowohl hinsichtlich der Mineralien, als auch des Glases, unterzogen. Dazu treten noch die zwei Analysen von Dr. L. LOKKA, von denen die eine bereits oben, die andere weiter unten (Anal. VI) wiedergegeben ist.

Betrachtet man mit dem Mikroskop das ursprüngliche unseparierte Aschenmaterial der Probe Nr. 1108, so sieht man neben Glas fast nur Plagioklas und Hypersthen. Die übrigen Mineralien, gemeine und basaltische Hornblende, Aegirin sowie Alkali amphibol, sind in bedeutend geringeren Mengen vorhanden und lassen sich nur zufälligerweise ohne irgendwelche Anreicherung entdecken. Darum ist man gezwungen, um nähere Mineralbestimmungen ausführen zu können, die Mineralien mit schweren Flüssigkeiten herauszuseparieren. Die geeignetste Flüssigkeit ist hier der Acetylentetramid, weil er in sehr konzentrierter Form ein passendes spezifisches Gewicht (2.7—2.9) hat für die Trennung von Glas und Feldspat von den schwereren Amphibolen und Pyroxenen. Leider treten die Mineralien in so kleinen Mengen auf, dass überhaupt gar keine Mineralanalysen denkbar sind.

Aus dem Material wurden zuerst der feinste Staub und die Organismen weggeschlämmt und der gröbere Teil mit Acetylentetrabromid behandelt. In der allerschwersten Fraktion mit dem spezifischen Gewicht $> 2,785$ entnahmen die genannten Amphibol- und Pyroxenminerale den grössten Teil, während der Plagioklas hauptsächlich in die Fraktion 2,550—2,698 einging.

Der Plagioklas ist meist in Form von einzelnen Spaltstücken vorhanden, tritt aber auch auf als prismenförmige Einschlüsse in den grössten Glassplittern. Von der Lichtbrechung wurden mit der Immersionsmethode Maximum und Minimum bestimmt. Das Resultat war folgendes:

$$\begin{aligned}\gamma' &= 1,564 \pm 0,003 \\ \alpha' &= 1,549 \pm 0,003.\end{aligned}$$

Betrachtet man das Lichtbrechungsdiagramm von Plagioklas (ROSENBUSCH-MÜGGE 1927 p. 773), so bemerkt man, dass die erhaltenen Werte für γ und α nicht demselben homogenen Kristallindividuum angehören können. Dem Wert von γ entspricht nämlich die Zusammensetzung An_{54} , dem Wert von α dagegen An_{39} . Diese Tatsache ist immerhin begreiflich, wenn man die sehr häufige Zonarstruktur in Betracht zieht. Max. $\perp M = 29^\circ$ oder 51—52% An und gibt natürlich die Zusammensetzung der An-reichsten Kernzone. — Wie ersichtlich, stimmen die beiden Resultate sehr gut miteinander überein.

Der Hypersthen zeigt zweierlei Korntypen. Den ersten Typ bilden die einzelnen mehr oder minder unregelmässigen Kristallsplitter, die offenbar von grösseren einsprenglingen stammen. Sie haben sich vor dem Ausbruch kristallisiert und wurden bei diesem zersprengt. Der andere weit häufigere Typus besteht dagegen in kleinen schön ausgebildeten prismatischen Kriställchen, die fast immer in Berührung mit Glas liegen. Sie sind entweder als Einschlüsse im Glas vorhanden oder tragen eine dünne muschelartige Glashaut um sich (Fig. 4, Tafel 1). Dieser Typ war vor dem Ausbruch nur in äusserst kleinen Prismen vorhanden oder wurde sogar nach dem Ausbruch in der Luft kristallisiert, keinesfalls ist er jedoch durch Zersplitterung von grösseren Einsprenglingen entstanden. Beide Typen zeigen allerdings dieselben optischen Eigenschaften.

Die Lichtbrechung wurde mit der Immersionsmethode bestimmt:

$$\begin{aligned}\gamma &= 1,694 \pm 0,003 \\ \alpha &= 1,684 \pm 0,003.\end{aligned}$$

Die optische Achsenebene liegt parallel $c = \gamma$. Pleochroismus und Farbe sind typisch für Hypersthen: // γ grünlich, $\perp \gamma$ rötlich. Doppelbrechung negativ.

Der Achsenwinkel um die spitze negative Bisektrix senkrecht zu c wurde mit dem U -Tisch von Leitz zu $2V = c:a$ 57° — 59° gemessen.

Die optischen Eigenschaften der Enstatit-Hypersthen-Reihe sind bekanntlich direkte Funktionen des Verhältnisses $FeSiO_3 : MgSiO_3$. So steigt z. B. die Lichtbrechung regelmässig mit der Steigerung des Gehalts an $FeSiO_3$. Auf Grund dieser Sachlage hat Winchell in seinen »Elements of optical mineralogy» p. 177 die Abhängigkeit der Lichtbrechung sowie der übrigen optischen Daten von der Zusammensetzung graphisch dargestellt. Verwendet man sein Diagramm auf den in Frage stehenden Hypersthen, so erhält man folgende Resultate:

$$\begin{array}{lll} \alpha = 1,684 & \text{entspricht} & 21 \text{ mol } \% \text{ FeSiO}_3 \\ \gamma = 1,694 & \text{»} & 22 \text{ » » »} \\ 2V = 57-59 & \text{»} & 25-29 \text{ mol } \% \text{ FeSiO}_3. \end{array}$$

Als ein Mittelwert ist wohl zu betrachten etwa 23 mol % $FeSiO_3$, was $c:a$ 14 % FeO entspricht.

Das Mineral steht somit einem von WASHINGTON und MERWIN (1923) untersuchten Hypersthen ziemlich nahe. Dieser zeigt die Lichtbrechung $\alpha = 1,690$, $\gamma = 1,700$ und enthält 14.12 % $FeO + MnO$ entsprechend 25.87 % $(Fe, Mn)SiO_3$.

Die gemeine Hornblende stimmt in ihren meisten optischen Eigenschaften mit derjenigen vom Fjordo Staples überein. Die optische Orientierung wurde wie dort zu $b//\beta$; $c \wedge \gamma = c:a$ 15° bestimmt. Die Lichtbrechung mit der Immersionsmethode:

$$\begin{array}{l} \gamma = 1.682 \pm 0.003 \\ \alpha = 1.655 \pm 0.003. \end{array}$$

Doppelbrechung negativ.

Die optischen Orientierungen und Lichtbrechungen der gemeinen Hornblendens vom Fjordo Staples und Fjordo Martinez sind — wie ersichtlich — ganz identisch. Dagegen gibt es merkwürdigerweise einen sehr deutlichen Unterschied in der Farbe. In Fjordo Staples ist die Farbe vorwiegend grünlich, nur β bräunlich. Die weitaus am meisten bevorzugte Stellung (110) parallel zum Objektträger gibt z. B. bei Probe Nr. 993 nur grünliche Töne, die darum im Überblick herrschend bleiben. In Fjordo Martinez, in der Probe Nr. 1108 sind aber die grünlichen Töne ganz im Hintergrund und stechen nur selten in einigen einzelnen Körnern hervor. Die herrschende Farbe ist braun mit etwas wechselnder Helligkeit, die auf einen sehr schwachen

Pleochroismus hindeutet. Die Absorptionsskala ist dieselbe wie in Fjordo Staples, aber γ einwenig dunkler als $\beta : \gamma > \beta > \alpha$.

In den Hornblendespaltstücken sieht man oft kleine prismatische durchsichtige Säulchen, die ihre Längsachse parallel zu c der Hornblende orientiert haben. Die Identifizierung dieser Einschlüsse ist wegen ihrer kleinen Dimensionen nicht möglich.

Die basaltische Hornblende tritt in so kleinen Mengen auf, dass sie nur nach einer weitgehenden Anreicherung in einigen Spaltstücken zu finden ist, die auf Grund ihres ausserordentlich starken Pleochroismus sofort identifiziert werden können. Die Farbe wechselt bei der Drehung des Objektisches von hellbraun bis fast schwarz. In der Längsrichtung ist die Absorption am grössten. Der Auslöschungswinkel auf (010) ist sehr klein, höchstens etwa 5° — 6° .

Der Aegirin ist äusserst typisch. Seine Lichtbrechung übersteigt eine Serie von Immersionsflüssigkeiten, deren Maximum 1,738 beträgt. Doppelbrechung sehr hoch. Die Farbe ist überhaupt intensiv grün, in den Rändern oft heller, zuweilen sogar fast farblos. In einigen Körnern sieht man eine deutliche Zonarstruktur, wobei hellere und dunklere Zonen abwechseln. Der Unterschied in der Farbe kann auch ganz unregelmässig sein, man trifft Körner, deren eines Ende intensiv grün und deren anderes Ende farblos mit einer scharfen Grenze gegen das andere ist. Der Auslöschungswinkel auf (010) ist gewöhnlich $c \wedge a' =$ etwa 5° — 6° . Die zonaren Kristalle zeigen bisweilen, wenn auch nicht immer, eine Variation von höchstens 3° — 4° dieses Winkels in verschiedenen Zonen. Der Pleochroismus ist sehr schwach, die Absorption in der Längsrichtung am grössten.

Das andere der alkalischen Mineralien der Asche ist der blaugrüne Alkaliamphibol. Zur Bestimmung seiner optischen Orientierung wurde ein Teil der betreffenden Fraktion (sp. Gew. $> 2,785$) in Kanadabalsam eingebettet. Wollte man das Resultat absolut eindeutig haben, so müsste man alle drei Schnitte (100), (010) und $\perp c$ untersuchen. Bei der Betrachtung eines Amphibolpulvers im Kanadabalsam stehen natürlich die zwei ersteren zur Verfügung, der letzte Schnitt $\perp c$ ist aber nur in einem geschliffenen Dünnschliff zu erreichen, denn die Spaltstücke stellen sich nie $c \perp$ zum Objektträger. Darum ist man gezwungen, bei der Bestimmung der optischen Orientierung sich mit den Schnitten (100) und (010) zu begnügen.

Zuerst wurde mit dem Berek'schen Kompensator in den betreffenden Schnitten a' und γ' beobachtet. Das Resultat zeigt, dass a' immer in der Nähe der Längsrichtung des Kristalls liegt und also dem Hauptbrechungs-

quotienten α entspricht. Auf (010) beträgt der Auslöschungswinkel, mit einem Fuess'schen Monochromator gemessen, für verschiedene Farben:

$c \wedge \alpha'$	450 $\mu\mu$	14° c:a
	475	15
	515	17
	550	18
	570	19
	600	20.

Welche von den beiden γ' -Richtungen auf (010) und (100) optisches γ und welche optisches β darstellt, ist wohl aus der relativen Lichtbrechung in den zwei Schnitten nicht zu entscheiden. Um diese Unterscheidung möglich zu machen, wurde versucht, mittels der Konoskopie die Lage der optischen Achsenebene zu bestimmen. Dann aber stellte sich das sehr merkwürdige Resultat heraus, dass die beiden Schnitte, sowohl (100) als (010), einen Bisektricienaustritt zeigen.

Denkbar wäre, dass diese Erscheinung von der gekreuzten Dispersion der Achsenebene herrührt und also die Achsenebenen für blau und rot senkrecht zueinander stehen. Dass dies aber nicht der Fall ist, sieht man sofort beim Konoskopieren mit einer Quecksilberlampe als Lichtquelle. Dann sieht man nämlich, dass sogar bei derselben monochromatischen Lichtart die beiden Achsenebenen gleichzeitig vorhanden sind. Die Bisektrix auf (100) ist für alle Farben gleich scharf und zeigt keinerlei Dispersion, diejenige auf (010) ist dagegen für blau (436 $\mu\mu$) sehr undeutlich aber doch wahrnehmbar und für grün (546 $\mu\mu$) sowie gelb (Mischung von 576 $\mu\mu$ und 579 $\mu\mu$) sehr scharf. Die Achsenbalken treten doch immer auf (010) in der Schärfe gegen diejenigen auf (100) zurück.

In der Achsenebene senkrecht zu (010) ist die Dispersion der optischen Achsen sehr stark und zwar $2 V_{\text{rot}} > 2 V_{\text{blau}}$.

Nach obigem gelangt man also zu der Auffassung, dass der Amphibol zwei Achsenebenen besitzt, von denen die eine parallel zu der kristallographischen Symmetrieebene und die andere senkrecht dazu steht. Demgemäss kann man nicht auf Grund der Konoskopie eine Unterscheidung von γ und β ausführen; das wäre nur mit dem BERESKschen Kompensator von den Schnitten $\perp c$ möglich. Eigentlich können wir bei einem solchen Mineral überhaupt nicht von den optischen Bezugsrichtungen reden, weil man es mit mehreren Indikatrix-Flächen verschiedener Orientierung zu tun hat. Die drei Hauptbrechungsquotienten sind Zusammenwirkungen der Indikatrices beider Komponenten

und als solche sind sie nicht von dem konoskopischen Verhalten des Minerals in einzelnen Schnitten zu bestimmen. Darum ist die direkte vollständige Bestimmung der Lichtbrechung der theoretisch einzige Weg zur Identifizierung von γ und β in diesem Amphibolpulver. In einer Immersionsflüssigkeit, in der die Spaltstücke immer auf (110) liegen, ist aber die Unterscheidung zwischen γ und β sehr schwierig, man kann nur α und γ' bestimmen:

$$\begin{aligned}\alpha &= 1.653 \pm 0.003 \\ \gamma' &= 1.662 \pm 0.003.\end{aligned}$$

Um die beiden γ' voneinander zu trennen, ist im folgenden bezeichnet: $\gamma'_1 // b$ und γ'_2 senkrecht zu α und γ'_1 . γ'_2 liegt also in der kristallographischen Symmetrieebene, γ'_1 senkrecht dazu.

Es wäre natürlich interessant, die beiden existierenden Achsenwinkel mit dem U-Tisch von Leitz zu bestimmen. Von der parallelsymmetrischen Achsenebene gelang es auch, und zwar beträgt der halbe stumpfe Winkel ca 60° , wobei nur eine Achse erreichbar war. In dieser Ebene ist demgemäss γ'_2 die stumpfe Bisektrix und $2V_2 = 60^\circ$. Von der normalsymmetrischen Achsenebene kann der Achsenwinkel nicht bestimmt werden, weil γ'_1 die stumpfe Bisektrix darstellt und die Dispersion zugleich so intensiv ist, dass die Achsen überhaupt keine Verdunkelung Hervorrufen können. Der Pleochroismus des Amphibols ist deutlich:

$$\begin{aligned}\alpha &\text{ bläulichgrün} \\ \gamma'_1 &\text{ grünlichgrau} \\ \gamma'_2 &\text{ bräunlichgrün} \\ \text{Absorption: } \gamma'_1 &\sim \alpha > \gamma'_2.\end{aligned}$$

Man fragt sich nun: Wie ist diese »Vierachsigkeit« zu erklären? Betrachtet man im Tageslicht einen Schnitt parallel zu (010), so sieht man, dass das Mineral keine vollkommene Auslöschung zeigt, die auch im einfarbigen Lichte erst von etwa 500 $\mu\mu$ herunter vollständig wird. Das Phänomen scheint ganz identisch mit demjenigen zu sein, das von ESKOLA und SAHLSTEIN (1930) in mehreren Hornblenden entdeckt und auf eine submikroskopische Perthitstruktur parallel zu (010) zurückgeführt wurde. Man kann unter Annahme solcher Perthitstruktur sehr leicht die Existenz von zwei Achsenebenen verstehen. Die eine der entmischten Komponente ist normalsymmetrisch, die andere parallelsymmetrisch, und beide zusammen bilden den »vierachsigen« Komplex.

Das isotrope Glas, das den grössten Teil der Probe Nr. 1108 einnimmt, hat ein ganz frisches Aussehen und zeigt megaskopisch eine lichtbraune

Farbe. Es tritt in scharfrandigen Splittern auf, die einen schönen muscheligen Bruch zeigen. Jene Splitter enthalten oft stark gebogene Klüfte sowie Gasblasen, die meist eine längliche und sogar gefaltete Form besitzen. Hier und da findet man kurze isotrope Glasnadeln, sog. Peles Haare.

Die Lichtbrechung ist einwenig unterhalb 1,505, aber oberhalb 1,498. Sie scheint hier gar nicht oder nur in geringem Grad solchen Variationen unterworfen zu sein, wie sie in dem Glas vom Fjordo Staples beobachtet wurden. Dies weist darauf hin, dass das Glas der Probe Nr. 1108 in einem ungewöhnlich frischen Zustand ist.

Neben der chemischen Untersuchung des totalen Aschenmaterials wurde auch versucht, die chemische Zusammensetzung des Glases klarzulegen. Dafür wurde die bei der Separierung erhaltene leichteste Fraktion (sp. Gew. > 2,335) von Dr. L. LOKKA analysiert, und zwar mit folgendem Resultat:

Anal. VI. Schicht III. Fjordo Martinez. Nr. 1108. Glas (die leichteste Fraktion mit sp. Gew. < 2.335).

	%	%	Mol. Zahl.	Norm	
SiO ₂	65.62	72.55	1,203	q	33.90
TiO ₂	0.11	0.12	0,002	or	7.23
Al ₂ O ₃	15.53	17.17	0,168	ab	38.25
Fe ₂ O ₃	1.06	FeO 1.05	0,015	an	12.51
MnO	0.01	0.01	—	c	3.77
MgO	0.69	0.76	0,019	Σ sal =	95.66
CaO	2.28	2.52	0,045		
Na ₂ O	4.09	4.52	0,073	hy {	FeSiO ₃ 1.72
K ₂ O.....	1.12	1.24	0,013		MgSiO ₃ 1.90
P ₂ O ₅	0.05	0.06	—	il	0.30
C	3.66	—	—	Σ fem =	3.92
H ₂ O +	4.49	—	—	Σ total =	99.58
H ₂ O —	1.61	—	—		
Σ	100.32	100.00	—		

Wie ersichtlich, ist das Resultat der Analyse VI völlig negativ, d. h. die beiden Analysen der Probe Nr. 1108 zeigen untereinander keine grösseren Unterschiede, die etwa weitgehendere Schlüsse rechtfertigen könnten. Die Gründe dafür sind wohl darin zu suchen, dass das ursprüngliche Material quantitativ hauptsächlich aus Glas besteht und die verhältnismässig seltenen Mineralkörner überhaupt eine so kleine Korngrösse aufweisen, dass sie quantitativ ganz zurücktreten.

9. Bahia Plüschow. III.

An der Bahia Plüschow wurden keine Aschenproben gesammelt, doch wurde das Vorhandensein eines einzigen Aschenlagers durch die Feldbeobachtungen Prof. AUERS konstatiert. Die betreffende Ablagerung gehört nach ihm zu III.

10—11. Brookes Harbour. III.

In den Proben Nr. 1215 (Fjordo Presidente Relander 11) und Nr. 1247 (Bahia Kairamo 10) sind im Mikroskop einige Glasstücke zu entdecken, die meist sehr verwittert und undeutlich sind. In den frischeren Stücken wurde die Lichtbrechung zu $n < 1,505$ bestimmt.

12. Puerto Harris. I, II, III.

Aschenprobe Nr. 1280 zeigt deutlich das Glas der Schicht III. Probe Nr. 1291, die nach AUER die Schicht II repräsentiert, ist äusserst stark verwittert und lässt sich nach dem mikroskopischen Aussehen nicht exakt identifizieren.

13. Puerto Arturo. I, II, III (?).

Die Proben Nr. 1249, 1261, 1264, 1271 sind alle so stark verwittert, dass ihre genaue Untersuchung nicht auszuführen ist.

14. Rio Bueno. I, II, III.

Die Asche der Schicht III vom Rio Bueno zeigt megaskopisch eine hellbraune bis hellgraue und zuweilen sogar weisse Farbe, und die Töne sind hier im allgemeinen etwas klarer als in der Cordillera. Im Gegensatz zu den regenreichen Gebieten, wo sich das Glas oft in stark verwittertem Zustand befindet, ist die Asche hier meistens völlig klar.

Von der Probe Nr. 58 wurde schon oben eine Analyse gegeben, die auf eine liparitische Zusammensetzung hinweist. Die Lichtbrechung des Glases ist $n \sim 1,505$. Von den schweren Mineralien wurden in derselben Probe die grünliche Hornblende sowie Hypersthen gefunden. Weil der grösste Teil der Probe für die Analyse verbraucht wurde, war eine Separierung des Materials nicht möglich, und man kann also nicht mit Sicherheit auf das Fehlen der Alkalimineralien schliessen. In einer anderen Probe, Nr. 42, die mit Acetylen-tetrabromid separiert wurde, enthielt die allerschwerste Fraktion dieselben Mineralien wie Nr. 58 und ausserdem sowohl Ägirin als auch Alkali amphibol.

Die Asche der Schicht II unterscheidet sich schon makroskopisch sehr

deutlich von derjenigen der Schicht III. Die Farbe, die bei II sehr hell mit verschiedenen Nüancen war, ist hier immer intensiv braun.

Die mineralogischen Zusammensetzungen der beiden in Frage stehenden Schichten zeigen eine ziemlich weitgehende Identität. Von der mit Acetylen-tetrabromid separierten Probe Nr. 48 wurden Plagioklas — $\gamma > 1.560 > 1.553 > \alpha'$ — Hypersthen und grünliche Hornblende, sowie Spuren vom Alkali amphibol gefunden, die völlig identisch mit denjenigen der Schicht III sind. Dagegen tritt die quantitative Menge der vorhandenen Mineralien in der Schicht II gegen III weit zurück.

Das Glas der Schicht II, das in den Proben Nr. 47, 48 und 59 leicht zu untersuchen ist, lässt im Mikroskop sofort seinen eigenen Charakter erkennen. Die Farbe wechselt von Stück zu Stück und zeigt alle Intensitäten von dunkelbraun bis ganz farblos. Im Gegensatz zu III zeigen die grossen Glasstücke hier verhältnissmässig selten irgendwelche kristalline Einschlüsse. Die Gasblasen, die zwar hier und da vorkommen, besitzen fast immer eine runde und undeformierte Form. — Die Lichtbrechung des Glases ist $1.529 > n > 1.523$. In den dunkleren Stücken scheint sie etwas höher als in den helleren zu sein.

Von der Probe Nr. 59 ist Analyse II ausgeführt.

Schicht I ist durch Probe Nr. 96 vertreten, deren chemische Zusammensetzung aus Analyse V ersichtlich ist. Die kristallinen Bestandteile, die übrigens sehr reichlich vorhanden sind, sind mit denjenigen der Schicht III völlig gleich. Der Plagioklas hat die Lichtbrechung $\gamma' > 1.560 > 1.553 > \alpha'$. Die grünliche Hornblende zeigt $c \wedge \gamma = c:a 15^\circ$ und weist dieselbe Lichtbrechung auf wie bei III. Beim Hypersthen ist $\gamma' > 1.687 > \alpha'$. Alkalimineralien wurden nicht beobachtet.

Das Glas der Schicht I hat durchaus dasselbe Aussehen wie III und unterscheidet sich scharf von II. Es zeigt die Lichtbrechung $1.505 > n > 1.498$, enthält reichlich kristalline Einschlüsse, sowie gelängte und gefaltete Gasblasen. — Diese weitgehende Übereinstimmung der beiden Schichten I und III ist eine natürliche Folge der gleichen chemischen Zusammensetzungen.

15. P u e s t o M e d i a. I, II, III.

In Puesto Media ist die Asche derjenigen vom Rio Bueno sehr ähnlich. Das Glas der Schichten I und III zeigt überall die Lichtbrechung $n < 1.505$, diejenige von II $1.529 > n > 1.523$. Die Hornblende hat immer eine grünliche Farbe, die nur bei einigen Körnern ins bräunliche übergeht. Der Hypersthen ist wie gewöhnlich sehr reichlich vorhanden. Bei II wurden sowohl Ägrin als Alkali amphibol in der mit Acetylen-tetrabromid separierten Probe Nr. 264 gefunden, bei III und I dagegen nicht.

16. Rio Russfen. II, III.

Die Probe Nr. 418 zeigt ein schönes frisches Glas, mit weisser Farbe und einer Lichtbrechung von etwas unterhalb 1.505. In dem geschlammten Material trifft man Hypersthen und Hornblende, Alkalimineralien aber nicht. Probe Nr. 413 ist so verwittert, dass eine exakte und sichere Bestimmung der Lichtbrechung sehr schwierig ist. Das Glas gehört allerdings deutlich zum helleren Typ. An den frischeren Stellen sind die Stücke vollkommen farblos und enthalten oft reichlich gebogene und gelängte Gasblasen, sowie schwarzes Fe-Oxyd. Die grosse und schöne Probe Nr. 414 ist dadurch interessant, dass in derselben Stufe der untere Teil aus einem unzweifelhaft zu der Schicht II gehörenden Material besteht, während der obere Teil der Schicht ein ganz gleiches mikroskopisches Aussehen wie Probe Nr. 413 zeigt. Die Lichtbrechung des Glases im oberen Teil wurde zu $1.498 < n < 1.505$ und in dem unteren Teil zu $1.529 > n > 1.523$ bestimmt. Nach AUER stammt dieser obere Teil aus der Schicht I und ist aus den umliegenden höher gelegenen Gebieten durch Wasser abwärts transportiert worden.

17. Lago Lynch. I, II, III.

Die Asche ist hier immer äusserst stark verwittert und enthält aussergewöhnlich reichlich Peles Haare sowie Diatomeen. Die Proben Nr. 350, 354, 355 und 357 gehören wahrscheinlich dem helleren Typ an, sind aber nicht mit voller Sicherheit zu bestimmen. Die Glasstücke sind so dicht mit kleinen nicht identifizierbaren Kriställchen besetzt, dass z. B. die Bestimmung der Lichtbrechung ganz ausbleiben muss. Die Probe Nr. 358 ist nicht homogen, sondern besteht, wie Probe Nr. 414 vom Rio Russfen, aus zwei scharf voneinander zu unterscheidenden Teilen. Der dunkelbraune Teil ist sehr stark verwittert und gehört deutlich zu II, während der weisse Teil äusserst reichlich Diatomeen enthält und wahrscheinlich nichts mit der Asche zu tun hat.

18. Das Untersuchungsgebiet S vom Lago Lynch. I, II, III.

Die Glasstücke in der Probe der Analyse III¹ sind so dicht mit äusserst kleinen doppelbrechenden Partikelchen besetzt, dass eine Bestimmung der Lichtbrechung nur mit Mühe auszuführen ist ($n < 1.505$). In derselben Probe

¹ Die Probe der Analyse III wurde von dem Botaniker der Expedition, Herrn Dir. ROIVAINEN in der Gebirgsgegend etwa 7—8 km S von den von AUER untersuchten Mooren entnommen.

sind die Mineralsplitter durchaus unklar und enthalten in reichlicher Masse schwarze Pünktchen. In der mit Acetylentetradibromid separierten schwersten Fraktion wurden Plagioklas, Hypersthen und grüne Hornblende sowie Ägirin und Alkaliambibol gefunden.

In der Probe der Analyse III, die sicher zu der Schicht III gehört, sind in der Glasfraktion (sp. Gew. < 2.389) zwischen den farblosen Glassplittern hier und da einige bräunliche Stücke zu entdecken, die eine höhere Lichtbrechung zeigen und ohne Zweifel zu II gehören. Das gleiche wurde auch in der vollständig frischen Probe Nr. 362 konstatiert, die ebenfalls zu III gehört.

Bei der Schicht II wurde in der Probe Nr. 364 durch Separation Alkaliambibol gefunden, Ägirin aber nicht. In dieser Probe, sowie in Nr. 387 wurden mit der Immersionsflüssigkeit $n = 1.523$ zwischen dem braunen Glas farblose Splitter entdeckt, die eine viel niedrigere Lichtbrechung zeigen und offenbar zu dem helleren Typ gehören.

In der Probe Nr. 359, die allein die Schicht I repräsentiert, ist das Glas völlig homogen und zeigt immer die Lichtbrechung $n < 1.505$.

Diese Mischung verschiedener Glastypen ist hier auf dieselbe Weise wie am Rio Russfen (Probe Nr. 414) zu erklären. Die fremden Glasstücke in den Schichten II und III gehören immer dem darunter gelegenen Aschenhorizont an und sind offenbar durch fließendes Wasser an die jetzige Stelle transportiert.

19. Rio Grande Seccion. II, III.

Vom Rio Grande Seccion stammen zwei megaskopisch aschenartige Proben Nr. 481 und 485. Im Mikroskop sieht man, dass die Probe Nr. 485 nur einige bräunliche Glasstücke enthält, die deutlich zu II gehören. Die Probe Nr. 481 scheint dagegen ganz frei von Glas zu sein. — Nach AUER ist auch die Schicht III vorhanden.

20. Lago Blanco. I, II, III.

Von den drei am Lago Blanco auftretenden Schichten gibt es zwei Proben Nr. 470 und 472, die beide nach AUER zu I gehören. Das Glas zeigt die Lichtbrechung $n < 1.505$. Plagioklas, grüne Hornblende und Hypersthen sind reichlich vorhanden, Alkalimineralien aber nicht.

21. Vicuna. II, III.

Die Asche der Schicht III ist durch Probe Nr. 494 repräsentiert, deren Glas die Lichtbrechung $n < 1.505$ zeigt. Die Asche der Schicht II ist in 498, 510

etc. anzutreffen. Sie ist überall äusserst klar und frisch, mit $n > 1.523$. Plagioklas, grünliche Hornblende und Hypersthen sind immer vorhanden, in 494 sogar sehr reichlich. Alkalimineralien konnten nicht aufgefunden werden.

22. Das südwestlich von Vicuña gelegene Gebirge.
I, II, III.

Die beiden Proben Nr. 589 und 576 führen eine deutlich braune Asche der Schicht II; Nr. 571 dagegen gehört zu dem helleren Typ und repräsentiert nach AUER die Schicht III. Von I gibt es keine Proben.

23. Puesto Veinti. I, II, III.

Aus Puesto Veinti stammen keine Aschenproben, nach den Beobachtungen AUERS sind aber alle drei Schichten vorhanden.

24. La Marina. II, III.

Die Probe Nr. 618 zeigt ein klares, braunes Glas und gehört deutlich zu II, während Nr. 613 die Schicht III repräsentiert und die Lichtbrechung $n < 1.505$ hat.

25. Los Cerros (Teresita). II, III.

In Probe Nr. 808 sind zwischen dem Torfmaterial mit Mühe einige bräunliche Glasstücke zu entdecken, die ihrem Aussehen nach unzweifelhaft zu II gehören. Die Lichtbrechung dieser Stücke ist in einigen Fällen gleich 1.523, in anderen aber deutlich niedriger.

26. Rio Claro. II, III.

Die einzige vorhandene Probe Nr. 737 ist sehr undeutlich und zeigt nur einige bräunliche Glasstücke mit $n \geq 1.523$. Sie gehört zu Schicht II.

27. Sierra Beauvoir. II, III.

Von der Schicht II gibt es drei Proben, Nr. 627, 639 und 647, die alle eine dunkelbraune Farbe zeigen. Die Probe Nr. 640 gehört zu III.

28. L a g o F a g n a n o. II, III.

Die einzige Probe Nr. 776 enthält eine äusserst verwitterte Asche von der Schicht III, in der die frischesten Stücke die Lichtbrechung $n < 1.505$ zeigen. Von II liegen keine Proben vor.

29. R u b i. II.

Die Probe Nr. 822 zeigt ein sehr frisches, klares Glas mit einer braunen Farbe und Lichtbrechung $n > 1.523$. In der mit Acetylentetrabromid herausseparierten schwereren Fraktion wurden Plagioklas, Hypersthen und grüne Hornblende gefunden, Alkalimineralien aber nicht.

30. S i e r r a C a r m e n S y l v a. I, II, III.

Die megaskopisch dunkelbraune Probe Nr. 841 wurde mit Acetylentetrabromid separiert und dabei in der schwereren Fraktion (sp. Gew. > 2.554) ausser den übrigen Mineralien sowohl Aegirin als auch Alkali amphibol gefunden. Die Lichtbrechung des Glases ist $n > 1.523$. In den Proben Nr. 839 und 832 hat das Glas allerdings die Lichtbrechung $n \sim 1.505$, zeigt aber hier und da einige Splitter, die, nach ihrer dunkelbraunen Farbe sowie ihrer höheren Lichtbrechung zu urteilen, deutlich zu II gehören. Das Phänomen ist auf dieselbe Weise wie am Rio Russfen und in dem südlich vom Lago Lynch gelegenen Gebirge aufzufassen.

31. A l t o s d e B o q u e r o n. II, III.

Die megaskopisch lichtbraunen Proben Nr. 870 und 871 sind äusserst verwittert. Das Glas gehört zum helleren Typ. Von II sind keine Proben vorhanden.

ZUSAMMENFASSUNG UND VERGLEICHUNGEN.

Bei der Behandlung der Analysenresultate wurde erwähnt, dass der hellere Typ der Asche eine saure dacitische Zusammensetzung mit einem ziemlich hohen Gehalt an CaO aufweist (Anal. I, II, V) und einen guten Vertreter der pazifischen Laven repräsentiert. Analyse III, deren Material zur Schicht III gehört, zeigt dagegen eine ganz abweichende Zusammensetzung. Die Erklärung dieser Eigenart ist wohl zum Teil darin zu suchen, dass die betreffende

Probe, im Gegensatz zu allen anderen Analysenproben, ziemlich stark verwittert erscheint und darum nicht mehr die ursprüngliche Zusammensetzung aufweist.

Auf loses Aschenmaterial, das über eine weite Strecke durch die Luft geflogen ist, wirkt aber auch ein anderer Faktor ein, der die Zusammensetzung verändert. Beim Transport der Asche vom Ausbruchsort an die Sedimentationsstelle spielt eine grawimetrische Ausseparierung der kristallinen Bestandteile eine grosse Rolle. Die spezifisch schwereren kristallinen Mineralkörner fallen in der Nähe des Vulkans zu Boden und das leichtere Glas schwebt weiter. Dieser Umstand ist von LACROIX beobachtet worden. In seiner bekannten Arbeit über Montagne Pélée (1904) hat er eine Reihe von Analysen vulkanischer Aschen der Eruption vom 30. August 1902 publiziert. Es sind folgende:

	A	B	C	D	E
SiO ₂	60.25	59.95	61.95	62.75	66.20
TiO ₂	0.48	0.23	0.19	0.32	0.38
Al ₂ O ₃	18.30	19.40	18.59	17.90	17.58
Fe ₂ O ₃	2.78	2.25	1.43	2.38	1.56
FeO	3.61	4.59	4.41	3.74	2.47
MgO	2.73	2.84	2.61	2.56	1.80
CaO	6.75	6.75	5.23	5.56	5.80
Na ₂ O	2.98	3.10	3.47	3.40	3.48
K ₂ O	1.09	0.78	0.90	1.20	1.40
P ₂ O ₅	0.09	0.09	0.12	0.11	—
H ₂ O	0.68	0.62	0.89	0.12	0.37
Σ.....	100.04	100.60	99.79	100.12	101.04

- A Am 15. Oktober 1902 auf der Insel
 - B Am 5. Oktober 1902 auf der Insel
 - C Am 5. Oktober 1902 auf der Insel
 - D Am 31. August 1902 auf der Insel
 - E Am 31. August 1902 auf der Insel
- } Martinique gesammelt.
} Dominique gesammelt.
} Guadeloupe gesammelt.

Beim Vergleich der Analysen A, B und C, deren Material auf der Insel Martinique gesammelt worden ist, mit D und besonders mit E, von denen erstere c:a 80 Km und letztere c:a 150 Km vom Vulkan entfernt liegen, sieht man deutlich, welchen Einfluss das Abnehmen der kristallinen Bestandteile auf die totale Zusammensetzung der Asche ausübt. LACROIX selbst sagt hierüber: »L'analyse de la cendre à la Guadeloupe montre nettement un enrichissement en verre, se manifestant par la diminution de la chaux, de la magnésie, de l'alumina, l'augmentation de la silice et des alcalis.» Die zuerst kristalli-

sierten Mineralien sind wahrscheinlich Amphibole oder Pyroxene zusammen mit basischen Plagioklasen gewesen. Sie enthalten verhältnismässig mehr Al_2O_3 , FeO , MgO , CaO als die ursprüngliche Asche, und diese treten darum in dem länger geschwebten Material zurück, während SiO_2 und K_2O sich etwas anreichern. Diese Gesetzmässigkeiten kommen besonders in der Analyse E zur Geltung.

Eine analoge gravimetrische Ausseparierung der kristallinen Bestandteile ist sicher auch bei den fuerländischen Aschen eingetreten. In ihnen enthalten Plagioklas und Hypersthen, die die einzigen in etwas bedeutenderen Mengen auftretenden Mineralien sind, Al_2O_3 , CaO , FeO , MgO , Na_2O in verhältnismässig grösserer Menge als die totale Asche. Theoretisch müssen also in der Asche diese Oxyde proportional mit der Zunahme des Abstandes vom Vulkane abnehmen.

Wie später erörtert wird, ist es sehr wahrscheinlich, dass die Aschen von NW her aus der patagonischen Cordillera gekommen sind. Die Asche des südlich vom Lago Lynch gelegenen Gebirges wäre demgemäss einen längeren Weg als diejenige vom Rio Bueno durch die Luft gekommen und müsste also in höherem Grade separiert sein als diese. Ob dieser Faktor in diesem Falle wirklich einen merkbaren Einfluss auf die totale Zusammensetzung ausüben kann, ist wohl wegen des ziemlich geringen in Frage kommenden Abstandes mit Sicherheit nicht zu entscheiden. Es hat den Anschein, als ob die topographischen Verhältnisse in dieser Hinsicht ebenso wichtig wären wie der auf der Karte gemessene Abstand vom Vulkan.

Die beigefügten Analysen von LACROIX sind typische Repräsentanten eines von F. v. WOLFF aufgestelltem sog. peleanischen Lavatyps, der am besten durch einen hohen Gehalt an Al_2O_3 charakterisiert ist. Derselbe Typ ist offenbar auch in den fuerländischen Aschen vertreten, von denen die Schicht II sogar einen extrem hohen Al-Gehalt zeigt. Der peleanische Lavatyp ist hinsichtlich seiner physikalischen Eigenschaften dadurch gekennzeichnet, dass die zu ihm gehörenden Magmen eine äusserst hohe Viskosität aufweisen. Aus diesem Grunde ist wohl die Explosionsartigkeit der Ausbrüche vieler peleanischer Magmen zu erklären, wie sie z. B. in der Montagne Pélee zur Geltung kam.

Die hohe Viskosität peleanischer Laven hat zur Folge, dass die Kristallisation in ihnen äusserst langsam und widerwillig vorsichgeht und eine starke Neigung zur glasigen Erstarrung aufweist. Dies äussert sich sehr schön in dem quantitativen Gehalt an kristallinen Bestandteilen fuerländischer Aschen. Die Schicht II, die nach Anal. IV etwa 23 % Al_2O_3 enthält, ist in unsepariertem Zustande fast frei von allen Mineralien, während die Schichten

I und III, die einen Gehalt von 15—17 % Al_2O_3 zeigen, in ziemlich reichlichem Masse verschiedenartige Kristallsplitter enthalten.

Im vorigen Kapitel wurde unter Fjordo Martinez eine vollständige Mineralbesprechung gegeben. Die Zusammensetzung des Hypersthens wurde nach seinen optischen Eigenschaften auf c:a 23 mol. % FeSiO_3 geschätzt.

Die gemeine Hornblende tritt in zwei Typen auf, die abgesehen von der Farbe in allen optischen Eigenschaften übereinstimmen. Die grüne Varietät ist am besten unter Fjordo Staples und die braune Varietät unter Fjordo Martinez geschildert. Dieser Unterschied in der Farbe weist darauf hin, dass die chemische Zusammensetzung der gemeinen Hornblende geringen Variationen unterworfen ist. In den verschiedenen Teilen der herausgeschlungenen Lava hat sich die gemeine Hornblende etwas verschiedenartig auskristallisiert und dabei verschiedenartige Farbennüancen erhalten.

Betrachtet man die Mineralkombination der Asche und vergleicht sie mit den Normen der obigen Analysen, so sieht man leicht deren Eigentümlichkeit.

Erstens besteht zwischen den Normen und Moden ein qualitativer Unterschied. In den Normen ist alles CaO zur Bildung von Anorthit verbraucht, in den Moden aber tritt ein Überschuss von CaO über Al_2O_3 zu Tage und veranlasst eine Kristallisation der gemeinen Hornblende. Dieser Umstand weist entweder darauf hin, dass das Verhältnis $\text{CaO} : \text{Al}_2\text{O}_3$ ursprünglich grösser gewesen ist, eine Erscheinung, die auf die gemeinsame Wirkung der Verwitterung und der gravimetrischen Separierung durch Transport zurückzuführen ist, oder dass die gemeine Hornblende hier nicht im endgültigen Gleichgewicht steht, sondern sich aus einem basischeren Anteil herauskristallisiert hat.

Zweitens stimmen der modale und der normative Plagioklas gar nicht miteinander überein. Aus den gegebenen Normen kann man die folgenden abgerundeten Zusammensetzungen der Plagioklase berechnen:

Anal.	I	Schicht	III	29	mol % An
»	II	»	III	29	—»—
»	III	»	III	23	—»—
»	IV	»	II	32	—»—
»	V	»	I	33	—»—

Wie vorher angegeben, ist die tatsächliche Zusammensetzung der Plagioklase bedeutend An-reicher (39—54 mol. % An). Dies lässt sich einfach durch das BOWENSche Kristallisationsschema der Plagioklase erklären, nach dem das zuerst kristallisierte Mineral bedeutend mehr Anorthit enthält als der endgültige Teil.

Drittens ist das Vorkommen von Aegirin und Alkali amphibol an und für sich in den verhältnismässig Ca-reichen Schichten III und I höchst merkwürdig. Man kann hier die Kristallisation dieser ultra-alkalischen Mineralien nicht verstehen und, soweit ich weiss, sind auch ähnliche Fälle überhaupt nicht bekannt. Darum und weil die Alkalimineralien niemals als Einschlüsse im Glas beobachtet worden sind, ist anzunehmen, dass diese beiden Mineralien nicht primär aus diesem Magma kristallisiert haben, sondern auf irgendeine sekundäre Weise in die Asche gekommen sein müssen.

Bezüglich der Schicht II, die eine deutliche alkalische Neigung hat, ist aber die Sachlage etwas anders. Denkbar wäre, dass die Alkalimineralien in einem solchen Magma in geringen Mengen auskristallisieren können und also hier einen gänzlich anderen Charakter tragen als in den Schichten III und I. In der Tat aber ist der primäre Ursprung dieser Mineralien auch in der Schicht II ziemlich fraglich; denn trotz Bemühungen in dieser Richtung ist es nicht gelungen, Alkalimineralien der Schicht II als Einschlüsse im Glas zu finden. Man gelangt auch in diesem Fall zu der Auffassung, dass der Aegirin und der Alkali amphibol in der Schicht II eine vollkommen ähnliche Stellung einnehmen als in den Schichten III und I und nicht zu den primären Bestandteilen gehören.

In dieser Frage gibt es wohl zwei Möglichkeiten: entweder stammen die beiden in Frage stehenden Alkalimineralien von den Rändern des Kraters und Zufuhrkanals und sind zusammen mit der Asche in die Luft geschleudert worden, oder sie sind auf irgendeine Weise (Wind, fliessendes Wasser?) aus ganz anderen Gegenden in die Asche gekommen.

Die einzigen bis jetzt bekannten Vorkommnisse von Aegirin in jenen Gegenden sind in Cerro Balmaceda 250 Km NW von der Stadt Magallanes entfernt. QUENSEL (1912) hat dort an der Seitenmoräne des Eberhardgletschers als erratische Blöcke einen grobkörnigen Syenit gefunden, dessen Aegirin er folgendermassen schildert: »Der Aegirin bildet unvollkommen idiomorphe, dicke bis schlanke Prismen und zeigt oft einen deutlich zonaren Bau, wobei Aegirin und Aegirinaugit mit grösserem oder kleinerem Gehalt an Aegirinmolekülen abwechseln.« Der Auslöschungswinkel variiert zwischen dem reinen Aegirin und Aegirinaugit zwischen 3 bis 18 Grad.

Im Alkali pyroxen der Asche trifft man wohl auch bisweilen dunklere und hellere Zonen, deren Auslöschung aber höchstens eine Differenz von 3° — 4° zeigt. Darum ist es ganz ausgeschlossen, dass die beiden Aegirintypen identisch wären.

Ausser Aegirin hat QUENSEL in Cerro Palmaceda auch einen Alkali amphibol gefunden. Die optische Orientierung ist nach ihm: $b \parallel \beta$; $c \wedge \gamma = 16^{\circ}$.

Wie man sieht, ist der Amphibol von Cerro Balmaceda seiner Orientierung nach von dem feuerländischen Typ unterschieden. Dazu ist nach einer mündlichen Mitteilung von Dr. KRANCK Pleochroismus und überhaupt das ganze Aussehen der beiden Typen voneinander verschieden.

In der feuerländischen Cordillera hat KRANCK (1932) einige alkalische und halbalkalische Amphibolvarietäten gefunden, von denen allerdings keine einzige mit derjenigen der Asche identisch ist.

Die Alkalimineralien der Asche stellen also ein bis jetzt unbekanntes Vorkommnis dar.

Wie aus dem vorigen Kapitel hervorgeht, sind die Alkalimineralien in der Asche ziemlich weit über das Untersuchungsareal verbreitet. Ihre quantitativen Mengen sind aber doch so gering, dass ihre Entdeckung ohne Separation ganz ausgeschlossen ist. Bei den Schichten III und II wurden in den folgenden Proben die beiden Alkalimineralien gefunden:

	III	II
Fjordo Martinez	1108	—
Rio Bueno.....	42	48 (nur Alkali amphibol)
Puesto Media	—	264
Das Untersuchungsgebiet S. v. Lago Lynch, Probe der Anal III		364 (nur Alkali amphibol)
Sierra Carmen Sylva	—	841.

Wie ersichtlich, sind die Alkalimineralien in den Schichten III und II in den verschiedenen Teilen des Untersuchungsgebietes beobachtet worden und gehören also sicherlich zu deren charakteristischen Bestandteilen. Der Umstand, dass diese Mineralien nicht in der Schicht I aufgefunden sind, ist wohl kein Beweis dafür, dass sie wirklich frei von diesen Mineralien ist, sondern nur die Folge davon, dass von der Schicht I keine mit Acetylentetrambromid separierten Proben vorliegen.

Weil nun die beiden Alkalimineralien so allgemein und weit in der Asche verbreitet sind, ist wohl als sicher anzusehen, dass diese derselben Heimat entstammen wie das primäre Glas und im Glase eingeschlossen gewesen waren, während die zweite oben erwähnte Erklärungsmöglichkeit als unwahrscheinlich ausgeschlossen erscheint.

Der Aegirin und der Alkali amphibol stammen also von einem ganz anderen Gestein her, das in Form von Einschlüssen (»enclaves») im Magma vorhanden war und zusammen mit ihm in die Luft geschleudert und zersprengt wurde. Ob dieses Gestein granitisch, syenitisch oder nephelinsyenitisch etc.

gewesen ist, kann nicht entschieden worden; denn die farblosen salischen Bestandteile sind bei der Separation in die verhältnismässig gross gewordenen Feldspatfraktionen eingegangen und dort äusserst schwierig zu entdecken, während intensiv gefärbter Aegirin und Alkaliambibol auch in geringen Mengen sofort in die Augen fallen.

Die fremden Einschlüsse in den vulkanischen Gesteinen sind eingehend von LACROIX (1893) untersucht worden, der die Einschlüsse in zwei Gruppen einteilt. Die erste Gruppe (»enclaves énallogènes») bilden diejenigen Gesteinsplitter, die in ihrer chemischen und mineralogischen Zusammensetzung ziemlich weit von dem umgebenden Gestein entfernt sind. Zu der zweiten Gruppe (»enclaves homœogènes») gehören dagegen solche Einschlüsse, die in ihrer Zusammensetzung mehr oder weniger deutliche Analogien mit dem umgebenden Gestein zeigen. Zu der ersten Gruppe gehören z. B. Granit in Basalt bzw. Kalkstein in Trachyt, zu der zweiten Nephelinsyenit in Phonolit bzw. Sanidinit in Trachyt etc.

Die alkalischen Einschlüsse in den vulkanischen Laven tragen nach LACROIX im allgemeinen einen homogenen Charakter. Es sind Tiefen- und Ergussgesteine der Alkalireihe, die in Trachyten, Sanidiniten, Phonoliten etc. liegen und offenbar eine magmatische Verwandtschaft mit diesen zeigen. In den feuerländischen Aschen können die Alkalimineralien entweder von dem umgebenden Gesteinsgrund oder wahrscheinlicher von den Resten älterer alkalischer Laven herkommen. Es ist zu vermuten, dass der betr. Vulkan früher z. T. alkalireiche Laven geliefert hat, und jene Laven kommen dann als Einschlüsse in den späteren Eruptionen zu Tage.

Wie oben mehrfach erörtert, führen die verschiedenen Schichten praktisch gleiche mineralische Bestandteile, während das Glas, das den überwiegend grössten Teil der Asche ausmacht, zwei deutliche Typen erkennen lässt, die sich gewöhnlich schon in der megaskopischen Farbe voneinander unterscheiden. Der hellere, durch die Schichten I und III repräsentierte Typ zeigt sogar an einem und demselben Fundort (Fjordo Staples, Bahia Queta u. a.) eine ziemlich starke Variation der Farbe und weist verschiedene Nuancen von dunkelbraun bis hellgrau und weiss auf, zuweilen mit einem Stich ins Gelbliche. Der dunklere Typ der Schicht II scheint dagegen eine konstantere, intensiv braune Farbe zu haben.

Die megaskopische Farbe vulkanischer Aschen ist im allgemeinen in den saureren Typen heller als in den basischeren. Dieser Umstand trifft charakteristisch in der tertiären dänischen Aschenserie hervor. BÖGGILD (1918) teilt die verschiedenen Lager in dieser mächtigen Serie in sechs Gruppen ein:

- 1 normal basaltisch
- 2 fast normal basaltisch
- 3 basaltisch-andesitisch
- 4 andesitisch
- 5 dacitisch
- 6 liparitisch.

Die Farbe der liparitischen Lager ist nach ihm fast rein weiss. In den dacitischen, andesitischen etc. gelangen dagegen immer dunklere gräuliche und bräunliche Töne zur Geltung, bis in der normal basaltischen Gruppe I eine dunkelgraue Farbe vorherrscht.

Dank des Herrn Prof. Dr. BÖGGILD hatte der Verf. die Gelegenheit bei einer flüchtigen Durchreise in Kopenhagen das dänische Aschenmaterial anzuschauen und mit dem feuerländischen zu vergleichen.

Der hellere Typ der feuerländischen Aschen steht ohne Zweifel zwischen den dänischen Gruppen 5 und 6, zeigt aber oft eine etwas dunklere Farbe als diese. Der dunklere feuerländische Typ dagegen entspricht unmittelbar keiner der dänischen Gruppen, ist aber neben Gruppe 4 zu stellen, und zeigt eine deutlich alkalische Neigung. Ihre Farbe ist allerdings bedeutend dunkler als diejenige der Gruppe 4.

Bei den feuerländischen Aschen ist die Ursache der dunklen Töne, die im Verhältnis zu den dänischen besonders deutlich in die Augen fallen, z. T. darin zu suchen, dass die feuerländischen Aschen immer mehr oder weniger mit einem dunklen Torfmaterial untermischt sind, während die dänischen Aschen wohl meistens rein vorkommen.

Staubartiges Material, wie etwa eine vulkanische Asche, die zum grössten Teil in amorphem Glas besteht, ist aus natürlichen Gründen gegen Verwitterung sehr wenig widerstandsfähig. Die Verwitterung ist oft so weit vorgeschritten, dass die Asche bei der mikroskopischen Untersuchung kein klares Glas mehr erkennen lässt. So enthält z. B. eine bei einer Exkursion vom Verf. gesammelte, stark verwitterte Aschenprobe aus Monte Rua (Eugeneen, tertiär) nur trübes unklares Material, über das man überhaupt keine weiteren Beobachtungen mehr machen kann. In den feuerländischen Aschen, die unter dem Einfluss des Moorwassers gestanden haben, ist die Verwitterung ebenfalls oft sehr weit vorgeschritten. In vielen Fällen (vgl. San Isidro, S. v. Lago Lynch etc.) sind die meisten Glasstücke so dicht mit äusserst feinen Pünktchen besetzt, dass z. B. die Bestimmung der Lichtbrechung des Glases grosse bis unüberwindbare Schwierigkeiten darbietet.

Zwischen diesem trüben Material sind allerdings im Mikroskop auch ziemlich klare und frische Glassplitter zu erkennen, die die ursprüngliche Struktur des Glases zeigen. Die frischen Glasstücke des helleren Typs sind immer ganz farblos und enthalten fast immer reichlich gelängte und gebogene Gasblasen sowie Klüfte, die gewöhnlich stark gefaltet sind. Die des dunkleren Typs dagegen tragen in der Regel eine leicht zu erkennende braune Farbe mit wechselnder Helligkeit. Gasblasen gibt es zwar auch hier und da in diesen, sie besitzen aber fast immer eine rundliche und ungestörte Form.

Die Lichtbrechung des Glases, die für zahlreiche Proben der beiden Typen bestimmt wurde, ist für frisches Material wie folgt:

$$\begin{array}{l} \text{I \& III } 1,505 > n > 1,498 \\ \text{II } 1,529 > n > 1,523. \end{array}$$

Die Lichtbrechung vulkanischer Glasarten steigt im allgemeinen mit dem basischen Charakter des Gesteins. Bei den dänischen Aschen ist die Lichtbrechung des Glases nach BÖGGILD in den Gruppen 1—3 höher als bei Kanada-balsam, bei 4 von 1,538 abwärts, bei 5 etwa 1,506—1,510 und bei 6 c:a 1,497—1,503. Der Lichtbrechung nach steht also der hellere feuerländische Typ zwischen den dänischen Gruppen 5 und 6 und der dunklere Typ der dänischen Gruppe 4 sehr nahe.

In den vulkanischen Aschen ist die Lichtbrechung des Glases überhaupt nicht auf einen einzigen Wert fixiert, sondern variiert oft in sehr weiten Grenzen. So hat BÖGGILD bei der dänischen Aschenserie eine ziemlich starke Variation der Lichtbrechung sogar bei einem und demselben Glasstück beobachtet. Er sagt z. B. von der Schicht 17: »— — — Lysbrydningen er jaevnt aftagende fra det Indre til det Ydre; bestemt er vaerdier paa hhv. 1,538 og 1,500.« Diese Erscheinung rührt, wie er bemerkt, von der Verwitterung her: »— — — i övrigt er det slet ikke udelukket, at der kan vaere diffunderet Bestanddele til eller fra i Tidernes Løb, og navnlig synes den Omstaendighed, at Glasset er svagest lysbrydende i det Ydre, at tyde paa, at der skulde vaere gaet en Del Baser bort, da man vanskeligere kan taenke sig at en saadan Forskel er oprindelig.«

Auch bei den feuerländischen Aschen bemerkt man oft eine von der Verwitterung herrührende Variation der Lichtbrechung im Glas. In vielen Fällen beobachtet man im Mikroskop, dass die Beckesche Linie in einer Immersionsflüssigkeit eine verschiedene Helligkeit um verschiedene Glasstücke herum zeigt und dadurch kleine Schwankungen in der Lichtbrechung enthüllt (Fjordo Staples, Monte Buckland, Rio Bueno etc.). In Probe Nr. 808

von Los Cerros steigt die Lichtbrechung des Glases, das seinem Aussehen nach sicher zu II gehört, im Maximum bis auf 1,523, ist aber oft niedriger. Dieser abnorm niedrige Wert, der im Normalfall zwischen 1,529 und 1,523 liegt, ist sicher auf die die Lichtbrechung erniedrigende Wirkung der Verwitterung zurückzuführen.

Was die Herkunft der Asche betrifft, so ist die genaue Lokalisation des betr. Vulkans noch nicht möglich. Denkbar wäre, dass die verschiedenen Schichten sogar von verschiedenen Vulkanen herrührten. Dass diese Möglichkeit jedoch so gut wie ausgeschlossen erscheint, ist durch die Existenz der allothigenen Alkalimineralien bewiesen. Es ist wohl anzunehmen, dass alle drei Schichten auf denselben Ursprung zurückgehen.

Wo aber liegt dieser Ursprung? Das zuverlässigste Kriterium in ähnlichen Fällen bietet die Betrachtung der durchschnittlichen Schichtdicken in verschiedenen Teilen des Gebietes. Der Umstand, dass eine derartige Betrachtung in Details nicht zum Ziele führt, beruht darauf, dass die Dicke der Schichten in engen Gebieten sehr stark variiert. Die Ursache der Variation besteht in mehreren Faktoren, so z. B. in der Topographie, Stärke und Richtung des Windes bei der Sedimentation u. a. m. Zieht man bei der Betrachtung der Schichtdicken nur die durchschnittlichen Variationen in Betracht, so ist zu bemerken, dass die Schichten im allgemeinen gegen SE an Dicke abnehmen, und also die Ausbruchsstelle gegen NW zu suchen ist.

ANHANG: DIE ASCHE DES GROSSEN ANDINEN AUSBRUCHS VON 1932.

Während der Untersuchung feuerländischer Aschen traf die Nachricht ein, dass in der chilenisch-argentinischen Grenzcordillera im März und April 1932 eine Reihe von Vulkanen in Tätigkeit getreten war und gewaltige Mengen staubartiger Aschen verstreut hatte. Diese Aschen hatten sich über weite Strecken bis Buenos Aires verbreitet und grosse Schäden angerichtet. Auf Veranlassung Herrn Prof. Dr. V. AUERS wurden durch Herrn Direktor E. HEINONEN in Buenos Aires zwei prachtvolle Aschenproben aus Mendoza und Buenos Aires beschafft und einer vergleichenden mikroskopischen Untersuchung unterzogen.

Dabei stellte sich heraus, dass diese Asche einen etwas saureren Charakter trägt als die feuerländischen Typen und wohl zu den liparitischen Aschen zu zählen ist. Das Glas zeigt in seiner Struktur eine vollkommene Übereinstimmung mit demjenigen der feuerländischen Schichten I und III (vgl. z. B. Fjordo

Martinez). Die Lichtbrechung liegt bei beiden Proben zwischen 1,486 und 1,498 und ist also etwas niedriger als in dem helleren feuerländischen Typus.

An Mineralien sind Quarz, Plagioklas, grünlichbräunliche Hornblende und Hypersthen vorhanden. Der Plagioklas zeigt die Lichtbrechung $\gamma' > 1,553 > \alpha'$.

Die grünlichbräunliche gemeine Hornblende hat die optische Orientierung $b \parallel \beta$; $c \wedge \gamma = 13^\circ - 14^\circ$ c:a. Lichtbrechung $\gamma' > 1,670 > \alpha'$. Pleochroismus ziemlich schwach: $\gamma \sim \beta > \alpha$. — Wie ersichtlich, zeigt das Mineral eine weitgehende Identität mit demjenigen feuerländischer Aschen.

Der Hypersthen tritt nur untergeordnet auf. In der mit konc. Acetylen-tetrabromid separierten Probe aus Buenos Aires konnten in der schwereren Fraktion geringe Mengen von Hypersthen gefunden werden. Die Kriställchen sind immer gut ausgebildet und tragen eine dünne muschelige Glashaut um sich. Pleochroismus äusserst schwach: $\parallel \gamma$ grünlich, $\perp \gamma$ rötlich.

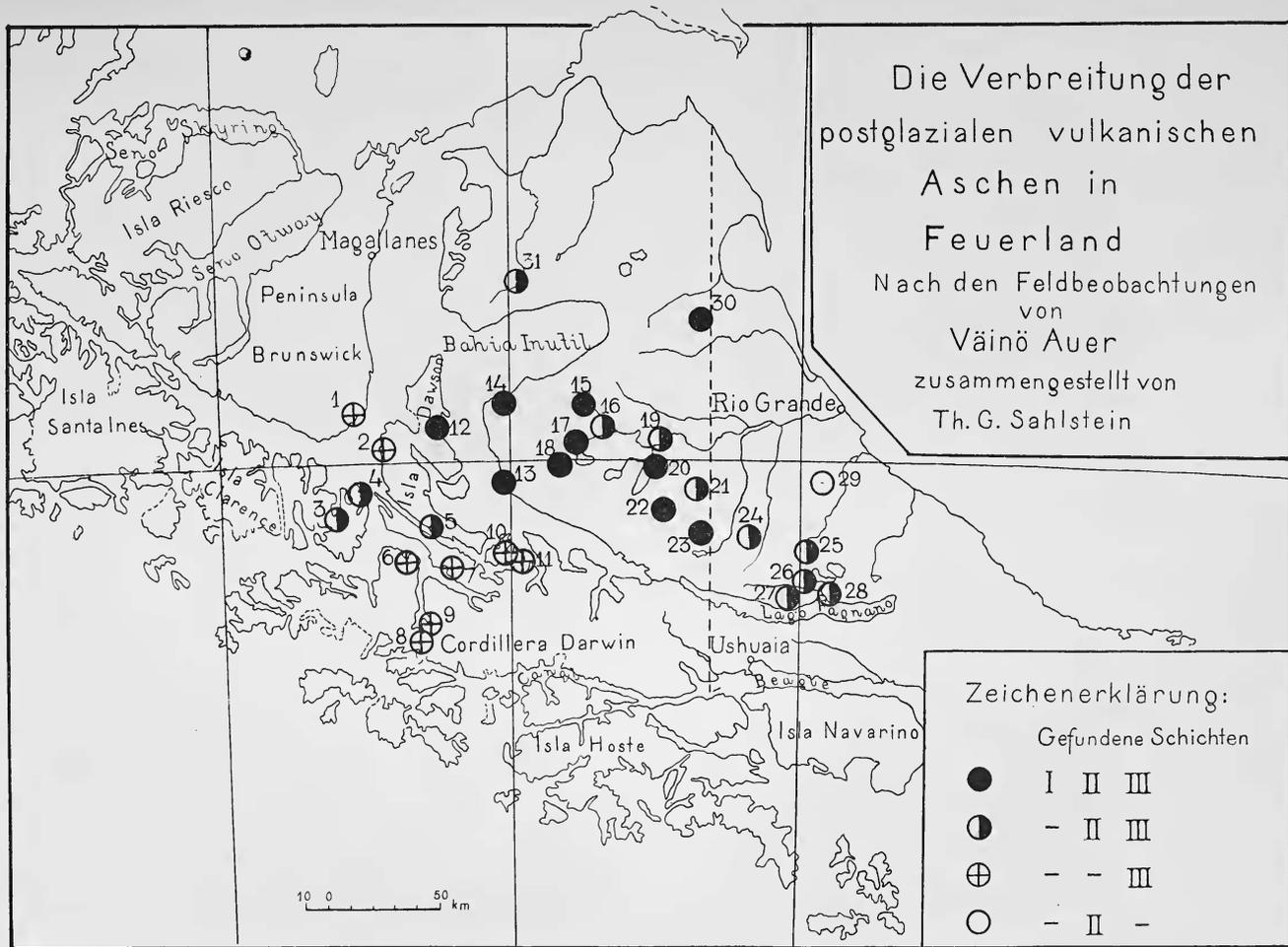
Der saure Charakter dieser Asche im Vergleich mit dem feuerländischen Material äussert sich erstens in der niedrigen Lichtbrechung des Glases, die deutlich auf eine liparitische Zusammensetzung hinweist, zweitens in dem Vorhandensein von Quarz und drittens in der relativ Ab-reichen Zusammensetzung des Plagioklasses.

LITERATUR:

- BØGGILD, O. B., Den vulkanske Aske i Moleret, Danmarks geologiske Undersøgelse, II Række, Nr. 33. 1918. Mit französischem Referat.
- ESKOLA, P., und SAHLSTEIN, TH. G., Über die unvollkommene Auslöschung einiger Amphibole, Bull. Comm. Géol. Finl. 92, p. 89, 1930.
- KRANCK, E. H., Petrological Investigations in the Cordillera of Tierra del Fuego. Acta Geographica 4. Nr. 2, 1932.
- LACROIX, A., La Montagne Pelée et ses éruptions, Paris 1904.
- », Les enclaves des roches volcaniques. Macon. 1893.
- NIGGLI-BEGER, Die Gesteins- und Mineralprovinzen. Bd. I. 1923.
- QUENSEL, P., Geologisch-petrographische Studien in der Patagonischen Cordillera. Bull. Geol. Inst. Upsala, XI, 1912.
- ROSEBUSCH-MÜGGE, Mikroskopische Physiographie Bd. I, Zweite Hälfte. 1927.
- WASHINGTON, H. S., und MERWIN, H. E., The American Mineralogist, Vol. 8, No. 4, 1923.

DIE LOKALITÄTEN IN DER KARTE,

- | | | | |
|-------|-----------------|----|--|
| 1 | San Isidro | 18 | Das Untersuchungsgebiet S vom
Lago Lynch |
| 2 | Puerto Valdez | 19 | Rio Grande Seccion |
| 3 | Fjordo Staples | 20 | Lago Blanco |
| 4 | Bahia Beubasin | 21 | Vicuña |
| 5 | Canal Gabriel | 22 | Das südwestlich vom Vicuña gelegene
Gebirge |
| 6 | Bahia Queta | 23 | Puesto Veinti |
| 7 | Monte Buckland | 24 | La Marina |
| 8 | Fjordo Martinez | 25 | Los Cerros (Teresita) |
| 9 | Bahia Plüschow | 26 | Rio Claro |
| 10—11 | Brookes Harbour | 27 | Sierra Beauvoir |
| 12 | Puerto Harris | 28 | Lago Fagnano |
| 13 | Puerto Arturo | 29 | Rubi |
| 14 | Rio Bueno | 30 | Sierra Carmen Sylva |
| 15 | Puesto Media | 31 | Altos de Boqueron |
| 16 | Rio Russfen | | |
| 17 | Lago Lynch | | |



TAFELERKLÄRUNG:

Fig. 1. Unsepariertes Aschenmaterial. Probe Nr. 1040, Schicht III. Bahia Beaubasin. Vergr. c:a 400 ×.

Fig. 2. Unsepariertes Aschenmaterial. Probe Nr. 96, Schicht I. Rio Bueno. Vergr. c:a 30 ×.

Fig. 3. Grosse Glasstücke der Fraktion 2,335—2,544. Im unteren Teil der Figur ein Hypersthenkristall im Glas (×). Probe Nr. 1108, Schicht III. Fjordo Martinez. Vergr. c:a 50 ×.

Fig. 4. Die schwerste Fraktion mit sp. Gew. > 2,785. a Hypersthen, b gemeine Hornblende, c Aegirin, d Alkalamphibol. Probe Nr. 1108, Schicht III. Fjordo Martinez. Vergr. c:a 50 ×.

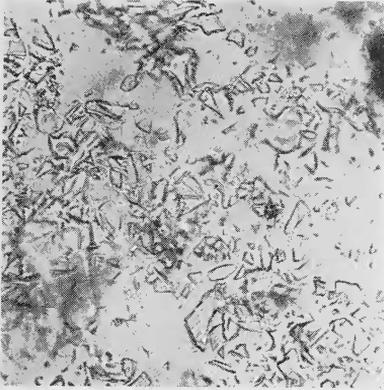


Fig. 1.

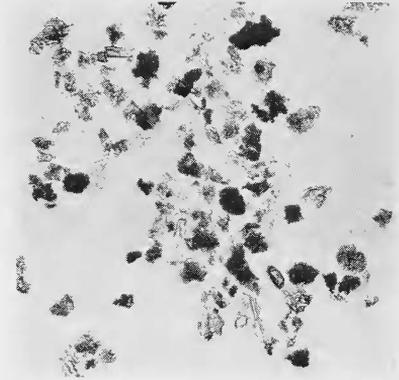


Fig. 2.

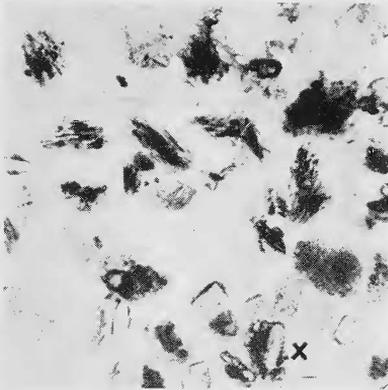


Fig. 3.

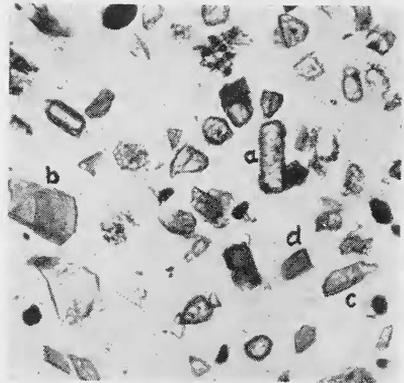


Fig. 4.