Mineralogische und petrographische Mittheilungen aus dem Hernikerlande in der Provinz Rom (Italien).

Von

C. Viola.

Mit Taf. IV—XI und 10 Figuren.

Diese mineralogischen Beiträge aus dem Hernikerlande sind das Ergebniss mehrjähriger Beobachtungen. Ich bezwecke damit eine Grundlage zu geben für das künftige Studium dieser Gesteine. Bevor ich aber diese Arbeit dem Drucke übergeben konnte, musste ich einen liebenswürdigen Gelehrten, der mich schon seit Jahren mit seiner Freundschaft beehrt, um seine Mithilfe ersuchen. Es ist Herr A. Bodmer-Beder in Zürich, der mir die elf in den acht Tafeln beigegebenen Photographien von Dünnschliffen ausgeführt hat. Ihm verdanke ich es auch, dass ich ganz annehmbare Bilder von nicht besonders guten Präparaten erhielt, indem er mir vorgeschlagen hat, die Photographien mit einem eingeschobenen Glimmerblättchen zu machen. Die chemische Analyse des Leucitites von Morolo führte ich im chemischen Institut der Universität in Zürich aus, welches unter Leitung des Herrn Prof. Abeljanz steht. Endlich machte ich einige Experimente über die Porosität und Durchlässigkeit der Gesteine in der eidgenössischen Anstalt für Prüfung von Baumaterialien in Zürich, dank der freundlichen Vermittelung des Herrn Oberst Bleuler. Meinem Collegen Herrn A. Bodmer-Beder, dem Herrn Prof. Abeljanz, der mir bei der Analyse mit Rath beistand, sowie Herrn Oberst Bleuler möchte ich hier öffentlich meinen aufrichtigen Dank aussprechen.

Das Thal, welches von den Römern Vallis latina genannt wurde, weil es einen wichtigen Theil des alten Latiums ausmachte, ist fast ausschliesslich in das Tertiärgebirge eingeschnitten, wenn man einige zur oberen Kreide gehörige Stücke bei Sgurgola ausnimmt. In dies Thal ist heute die Eisenbahn Rom—Neapel gebaut, welche dem an der Grenze der Provinz Rom in den Liri einmündenden Trerus- oder Tolerus-Fluss (heute Sacco-Thal) entlang geht. Von hier aus kann der Reisende links unsere schön gelegene, leider von den Menschen entwaldete, zur mittleren und oberen Kreide gehörende Apenninkette, rechts die steil aufragenden, noch hie und da von spärlichen Wäldern bedeckten, ebenfalls zur Kreide gehörenden Lepiner-Berge betrachten. Dieses Thal durchschneidet das Hernikerland, welches da beginnt, wo die Eisenbahn das Gebiet Sgurgola verlässt, bis über die Grenze der Provinz Rom reicht, und von letzterer denjenigen Theil umfasst, der zum Bezirk Frosinone gehört. In diesem Gebiet erfolgte am Ende der Tertiärperiode, als die Latialvulcane noch nicht entstanden waren, eine heftige Eruptionsthätigkeit. Ob diese Vulcanausbrüche unterseeisch oder subaërisch gewesen sind, ist für die Geologie unseres Landes eine wichtige, noch nicht gelöste Frage, welche die Geologen beschäftigen könnte.

Durch die Eruptionen wurden Kegelberge gebildet, von denen der besterhaltene wohl der erloschene Vulcan von Pofi ist. Aus der mehr oder weniger guten Erhaltung der Vulcangebäude können wir schliessen, dass die Eruptionsthätigkeit thalaufwärts begonnen hat. — Die Thätigkeit ist also von Nord-West gegen Süd-Ost fortgeschritten, und in Pofi hat sie ihren Abschluss gefunden. Ponzi[1] vereinigte die verschiedenen Ausbrüche, Laven und Tuffe in Gruppen und nannte sie erloschene Vulcane der Herniker, so z. B. der Vulcan von Patrica, Ticchiena, Callame etc. Dieser Eintheilung schlossen sich sowohl Zezi[2] als auch

[1] G. Ponzi, Osservazioni geologiche fatte lungo la Valle latina da Roma a Montecassino. Siehe: Raccolta di lettere etc. compilata dal prof. Tortolini. Roma 1849; — Atti della R. Accademia dei Nuovi Lincei. Roma 1857.

[2] P. Zezi, Osservazioni geologiche fatte nei dintorni di Ferentino e di Frosinone. Boll. R. Com. Geol. 1876.

Branco[1] an. Aber wir können von Vulcanen streng genommen nicht reden, da sie durchaus nicht mehr als solche erkannt werden können. Nennen wir sie daher lieber Eruptionscentren, wie ich schon vorgeschlagen habe[2], und Vulcan nur denjenigen von Pofi, auf dessen Kegelspitze das Dorf Pofi liegt.

Solche Eruptionscentren können entweder für sich allein oder miteinander vereinigt, was wahrscheinlicher ist, richtige Vulcane gebildet haben. Ihre Tuffe, welche das enge Latium-Thal wohl ganz werden abgeschlossen haben, sind heutzutage von den Gewässern stark ausgewaschen und erodirt.

Die Localitäten des Hernikerlandes, wo Eruptivgesteine gefunden werden, sind folgende zehn: 1. Morolo, 2. Patrica, 3. Ticchiena, 4. Callame, 5. St. Arcangelo bei Ceccano, 6. S. Francesco bei Ceccano, 7. S. Marco zwischen Ceccano und Castro dei Volsci, 8. Pofi, 9. Giuliano di Roma und 10. Villa S. Stefano[3].

Zwischen solchen Eruptivgesteinen sind theilweise unterwasserige, theilweise äolische Tuffe gelagert. Die Tuffe (sogen. Peperini) von Morolo, Supino und Patrica, rechts vom Thale, liegen direct auf dem Eocänflysch, und ihre Schichten sind meistens gegen den Trerus-Fluss geneigt; auch die links des Thales vorhandenen Vulcantuffe (Peperini) von Selva dei Muli fallen gegen den Trerus. Die aus feinem Material zusammengesetzten Tuffe von Ticchiena liegen fast horizontal, so dass Ticchiena selbst als ein Eifeler Maar aufgefasst werden darf.

Auch die Tuffe und Peperini von Callame, St. Arcangelo, S. Francesco und S. Marco sind fast horizontal oder wellenförmig gelagert. — In Giuliano di Roma und Villa S. Stefano bilden die Tuffe zwei halbe Bergkegel, die sich an den Abhang des aus Kalkstein bestehenden Siserno-Gebirges anlehnen.

---

[1] W. Branco, I Vulcani degli Ernici nella Valle del Sacco. Atti della R. Accad. dei Lincei. Roma 1877; — Die Vulcane des Herniker Landes bei Frosinone in Mittelitalien. Dies. Jahrb. 1877. 561—589.

[2] C. Viola, Osservazioni geologiche fatte nella Valle del Sacco in provincia di Roma e studio petrografico di alcune roccie. Boll. R. Com. Geol. 1896.

[3] Der Gang von San Francesco wird in den Abhandlungen von Ponzi, Zezi und Branco nicht erwähnt. Auch scheint, dass der Vulcan von Villa Sto. Stefano nicht bekannt wurde.

Die von Morolo, sowie jene von Patrica aus Leucit und monoklinem Pyroxen mit oder ohne Olivin bestehende Lava liegt direct auf der Kreide auf. — Der Leucittephrit von Ticchiena stellt einen fast horizontal im Tuffe eingelagerten flachen Lavakegel dar. Die Lava von St. Arcangelo liegt auf einem aus zu dem oberen Eocän gehörigen Nummulitenkalk bestehenden Bergrücken. Callame scheint einfach die Fortsetzung der zu St. Arcangelo gehörenden Formation, von dem es durch ein Erosionsthal getrennt worden ist, obwohl in St. Arcangelo ein Leucitit mit Olivin vorliegt, während ich in den Gesteinen von Callame Olivin nicht angetroffen habe. S. Francesco liegt ungefähr am Fusse des erloschenen Vulcans Pofi; die dort zu Tage tretenden Gesteine scheinen Ganggesteine zu sein. Ein solches ist bestimmt derjenige Feldspathbasalt, der bei der Eisenbahn unweit Ceccano die Tuffe stehend durchbricht, und indem er den Trerus-Fluss durchkreuzt, gegen Süd-Ost nach der Richtung von S. Marco zieht.

In S. Marco treten ebenfalls Feldspathbasalte auf. Ob sie aber gangförmig oder deckenförmig sind, kann wegen den auf ihnen abgelagerten Tuffen nicht bewiesen werden. Wir werden zu den Gesteinen von S. Marco auch das Ganggestein rechnen, welches von S. Francesco nach S. Marco hinstreicht.

Lavaströme sind die in den Tuffen eingeschlossenen Leucittephrite von Pofi.

Während die hier angeführten Eruptivgesteine im Latium-Thal selbst zu Tage treten, kommen diejenigen von Giuliano di Roma und Villa S. Stefano in dem seitlichen, wohl in der Quartärperiode mit dem Latium-Thale in Verbindung gewesenen Amaseno-Thal, vor. Sie sind Leucitbasalte und liegen stromförmig theilweise auf dem Kreidekalke von Siserno und theilweise auf dem Eocänflysch, welcher gegen den Kreidekalk verworfen ist.

Obwohl im Amaseno-Thal nicht die Herniker, sondern die Volsker ansässig gewesen sind und daher von diesen letzteren die Region benannt wurde, so werden doch auch diese zwei letzteren Gesteine nach Ponzi kurzweg zu den Vulcanen der Herniker gerechnet.

Wir treffen also folgende Gesteine im Hernikerlande: Leucitite von Patrica und Callame; Leucitbasalt von

Morolo, St. Arcangelo, Giuliano und Villa S. Stefano; Leucittephrit von Ticchiena und Pofi; Basanit von S. Francesco und endlich Feldspathbasalt von S. Marco.

Obwohl wir mit ziemlich vielen Varietäten von Gesteinen zu thun haben, so sind sie doch unter sich durch eine sehr grosse Analogie vereinigt: nämlich durch eine aus der Ähnlichkeit der sie bildenden Mineralien hervorgehende Analogie. In der That ist der monokline (S_{02}^{σ})-Pyroxen überall durch dieselben Eigenschaften ausgezeichnet. Der Leucit ist gleich entwickelt, wo immer er auftritt, sei es in den Leucititen, Leucitbasalten oder Leucittephriten, sei es endlich in den Basaniten, und weist dieselben optischen Erscheinungen auf. — Der Feldspath ist entweder Anorthit oder ein zwischen An und An_2Ab_3 stehender Plagioklas. Der Olivin ist meistens eisenreich, wahrscheinlich dem Fayalit nahestehend. Schliesslich weisen alle Gesteine einen Plagioklas auf, der epigenetisch ist nach Leucit und wahrscheinlich ein aus der Vermischung von Augit mit Leucit hervorgehendes secundäres Mineral darstellt.

Es sei mir noch gestattet, über die chemische Zusammensetzung dieser Gesteine ein paar Worte zu sagen, was wohl für die Kenntniss der darin vorhandenen Pyroxene von Wichtigkeit sein kann.

Die von mir im chemischen Institut der Züricher Universität ausgeführte Analyse des Leucitbasaltes von Morolo hat Folgendes ergeben:

SiO_2	49,23
Al_2O_3	17,69
Fe_2O_3	6,87
FeO	2,03
MnO	—
MgO	4,20
CaO	12,73
Na_2O	2,05
K_2O	5,18
P_2O_5	0,30
Glühverlust	0,80
Summe	101,08

Das aus 3 Bestimmungen mit dem Pyknometer berechnete Mittel für das specifische Gewicht ist 2,885 bei 20° C.

Wenn wir den Gehalt von P_2O_5 und den Glühverlust auf die anderen Bestandtheile gleichmässig vertheilen und auf 100 umrechnen, erhalten wir:

SiO_2	49,24
Al_2O_3	17,70
Fe_2O_3	6,87
FeO	2,03
MgO	4,20
CaO	12,73
Na_2O	2,05
K_2O	5,18
Summe	100,00

Um nun diese Procentzahlen mit denjenigen von Rosenbusch betreffend die von ihm angeführten Gesteinsmagmen vergleichen zu können, dividiren wir sie durch die Gewichte der darin vorkommenden Molecüle; auf 100 reducirt, ergiebt sich:

SiO_2	55,3
Al_2O_3	11,6
Fe_2O_3	2,9
FeO	1,9
MgO	7,1
CaO	15,3
Na_2O	2,2
K_2O	3,7
Summe	100,0

Aus diesen Procentzahlen berechnet man noch die Verhältnisszahlen der in der Gewichtseinheit des Gesteins enthaltenen Metallatome; werden sie auf 100 umgerechnet, so erhalten wir folgende Zusammenstellung:

Si	40,9
Al	16,8
Fe	11,4
Mg	4,5
Ca	16,2
Na	2,7
K	7,5
Summe	100,0

also ein Gabbromagma (ψ), wo $Ca > Na + K$ und $Mg < Ca + Na + Ca$.

Nehmen wir an, dass Al entweder in dem Kerne $(NaK)AlSi_2$ oder $CaAl_2Si_4$ vorhanden sein muss; und zerlegen wir

das ψ-Magma in zwei Theile, von denen der I. Theil die Kerne $(NaK)AlSi_2$ und $CaAl_2Si_4$ nach dem Verhältnisse $(Na + K + 2Ca) : Al : Si = 1 : 1 : 2$ und II. den danach verbleibenden Rest enthält:

I.		II.		
Si	23	Si	24	
Al	11	Ca	17	R = 30
Ca	3	Mg	6	
(K + Na)	9	Fe	7	
	46		54	

Das Aluminium ist an die feldspathbildenden Kerne $(NaK)AlSi_2$ und $CaAl_2Si_4$ gebunden, und ein Überschuss von Ca ist in den Rest II. übergegangen. Hier ist zu bemerken, dass in diesem Gestein der Kern $(NaK)AlSi_2 = 32$ über den Kern $CaAl_2Si_4 = 14$ überwiegt.

Der Rest enthält eine grosse Menge Ca, aber dabei eine verhältnissmässig kleinere Menge Mg, als gewöhnlich die ψ-Magmen aufweisen. — Dabei sehen wir, dass der Gehalt an zweiwerthigen Metallen R etwas den Gehalt an Si überwiegt, woraus zu folgern ist, dass der pyroxenische Metallkern $R : Si = 1 : 1$ mit weniger von dem Olivinkern R_2Si gemengt ist. Obwohl der Gehalt von Ca ziemlich bedeutend ist, so können wir doch nicht daraus schliessen, dass der Kalk von aussen hineingelangt sein kann. Das sehen wir besser aus demjenigen Theil des Gesteins, welcher in ClH löslich ist. Das gepulverte Gestein mit heisser concentrirter Chlorwasserstoffsäure aufgeschlossen hat mir Folgendes ergeben:

Al_2O_3	14,55
Fe_2O_3	7,64
CaO	3,18
MgO	0,60
K_2O	5,20
Na_2O	0,70
	31,87
Rückstand	69,69
Summe	101,56

Prüfen wir noch die chemische Zusammensetzung des Gesteins unter der Voraussetzung, dass nicht die ganze Menge von Na und Ca an Al so gebunden ist, wie die Feldspathformel verlangen würde, also NaAl und $CaAl_2$.

Da das Gestein wesentlich aus Leucit und Pyroxen, und, wie wir sehen werden, natronhaltigem Pyroxen besteht, so

können wir nur einen Theil des Natriums (Na) für die Feldspathbildung sich an Al binden lassen, und der übrige Theil (Na′) bleibt von der Feldspathbildung frei. Das Calcium (Ca′) ist fast ganz in die Bisilicate übergegangen, sowie das Magnesium und das Eisen als Eisenoxyd und Eisenoxydul. — Ein kleiner Theil des Calciums (Ca) und Aluminiums wird wohl noch in der Glasbasis des Gesteins vorhanden sein.

Nehmen wir an, dass nur die Hälfte des Na an Al in der Form NaAl verbunden ist, so wird das Eruptivmagma folgenderweise definirt:

$$Mg > Ca,\ K : Na = 3{,}5,\ Ca > \tfrac{5}{4} Na.$$

Es entspricht also einem Ferro-Magnesium-Leucit-Minetten-artigen Magma[1].

Die Schwierigkeit überhaupt, Ca und Na genau zu bestimmen, verleiht dieser Methode der Systematik etwas Unsicheres, so verlockend sie auch in mancher Hinsicht sein mag.

Der Vollständigkeit wegen erwähnen wir noch andere vorhandene chemische Analysen der genannten Gesteine, obwohl dieselben wegen der Art der Aufsammlung der Probe nicht ganz zuverlässig zu sein scheinen.

Solche quantitative Analysen sind von Speciale[2] ausgeführt worden, und beziehen sich auf ein Gestein von Giuliano di Roma und ein Gestein von Pofi; die Analysen haben im Mittel Folgendes ergeben:

	Gestein von Giuliano di Roma	Gestein von Pofi
SiO_2	46,22	47,59
Al_2O_3	22,47	18,02
Fe_2O_3	8,97	6,44
FeO	0,78	1,19
CaO	12,18	11,66
MgO	3,35	2,41
CuO	0,30	0,23
K_2O	5,42	10,05
Na_2O	1,02	1,84
P_2O_5	0,52	0,51
Glühverlust	0,56	0,72
Summe	101,79	100,66

[1] A. Michel-Lévy, Note sur la classification des Magmas des Roches éruptives. Bull. d. l. Société géol. d. France. 1897. 3. Folge. **25**. 326 ff.

[2] S. Speciale, Ricerche di chimica mineralogica sulla lava dei vulcani degli Ernici nella Valle del Sacco. Atti della R. Accad. dei Lincei. 1879. **3**. Transunti. 181.

Das Gestein von Giuliano ist ein nicht olivinhaltiger, dem Leucitbasalt von Morolo ähnlicher Leucitit.

Nach meinen Beobachtungen und Dünnschliffstudien finden sich bei Pofi nur Leucittephrite, und für solche Gesteine ist die Menge 1,84 Na_2O % entschieden zu klein, wenn man bedenkt, dass die Leucitite dieser Gegend eine verhältnissmässig grössere Menge Natron enthalten, welche zum grössten Theil in den Bisilicaten steckt. Es ist also möglich, dass das Gestein von Pofi entweder verwittert war, oder dass es bei Ceccano, wo echte Leucitite auftreten, gewonnen worden ist.

Möge diese Einleitung dazu dienen, eine Vorstellung zu geben, wie die Gesteine beschaffen sind, welche die hier studirten Mineralien geliefert haben. Näheren Aufschluss über die Geologie der Gegend mögen die Arbeiten von Ponzi, Zezi und Branco geben. Auch meine[1] letzten Arbeiten über Geologie und Gesteine des Hernikerlandes wolle man durchblättern, um die Fundorte des hier behandelten Materials besser vor Augen zu haben.

Pyroxen.

Der monokline (S^{σ}_{02})-Pyroxen erscheint in verschiedenen Grössen. Die in Leucit oder Feldspath eingeschlossenen Pyroxene gehen, in einem Querschnitt zur Zone [001] gemessen, bis auf 0,003 mm und bis auf 0,01 mm Länge nach der Zone [001] herunter, so dass die meisten dieser Einschlüsse mit Hilfe des polarisirten Lichtes nicht direct untersucht werden können. — Die grössten Pyroxene weisen in der Zone [001] eine Länge von 3 mm auf; äusserst selten wird diese Grenze überschritten.

Es kann von Interesse sein, die Hernikergesteine in der Weise zu vergleichen, dass man die verschiedenen monoklinen

---

[1] C. Viola, Osservazioni geologiche fatte nel 1895 sui Monti Ernici in provincia di Roma. Boll. R. Com. Geol. **27**. 3; — La metamorfosi dinamica nelle lave leucitiche dei vulcani estinti degli Ernici in provincia di Roma. Rendiconti della Soc. Toscana di scienze naturali. 1896; — La Valle del Sacco e il giacimento d'Asfalto di Castro dei Volsci in provincia di Roma. Boll. R. Com. Geol. **26**. 136; — Das Saccothal und das Vorkommen von Asphalt bei Castro dei Volsci in der Provinz Rom. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1895. 201.

Pyroxenkrystalle der Grösse nach nebeneinanderstellt. Um diesen Zweck zu erreichen, habe ich aus ziemlich vielen Dünnschliffen die Anzahl der gleich gross entwickelten Pyroxene zu bestimmen gesucht. — Ich habe solche annähernde, aber für den vorliegenden Zweck dennoch genügende Messungen in der folgenden Tabelle (S. 103) zusammengestellt.

In dem Leucitit von Patrica, in den Leucitbasalten von Giuliano, Villa S. Stefano und in den in die Leucitbasanite übergehenden Leucitbasalten von Morolo weisen die meisten Pyroxenkrystalle eine Grösse auf, die zwischen 0,2 bis 0,6 mm Länge auf 0,07 bis 0,2 mm Breite schwanken. Grössere Pyroxene in den genannten Gesteinen kommen auch vor; sie sind aber im Verhältniss zu den jetzt angeführten sehr selten und keiner überschreitet 3 mm Länge. Auch kleinere Pyroxene treten auf; sie gehen bis zu 0,01 mm Länge herunter, aber solche stellen nur Einschlüsse dar. In den Leucittephriten mit oder ohne Olivin von Ticchiena, Callame, S. Francesco und Pofi und in dem Feldspathbasalt von S. Marco überwiegen diejenigen Pyroxenkrystalle, deren Abmessungen 0,07 × 0,02 bis 0,01 × 0,04 mm aufweisen. Und von diesen Grenzen aus, sowohl nach der Richtung kleinerer Krystalle als auch nach der Richtung grösserer Krystalle, verschwindet der Pyroxen nach und nach. Der Leucitbasalt von St. Arcangelo steht, was die verschiedenen Pyroxengrössen anbelangt, zwischen den Gesteinen der vier ersten Localitäten und der fünf letzten.

Alle Pyroxenkrystalle zeigen Zonarstructur. Auch die kleinsten Pyroxene, die Einschlüsse, soweit sie untersucht werden können, zeigen ein von der Hülle verschiedenes Centrum. Bloss jene fadenförmigen Pyroxeneinschlüsse, die das Licht schwach polarisiren, scheinen aus nur einer einzigen Substanz gebildet zu sein. — In den grösseren Pyroxenkrystallen sind die aus verschiedenen Substanzen zusammengesetzten concentrischen Hüllen sehr mannigfaltig; zuweilen erscheint der sanduhrförmige Bau der Pyroxene, aber selten so schön und deutlich, wie er von Blumrich[1] und neulich von

---

[1] Jos. Blumrich, Über die sogenannte Sanduhrform der Augite. T. M. P. M. 1892. **13**. 239—255; —, Die Phonolithe des Friedländer Bezirkes in Nordböhmen. T. M. P. M. 1892. **13**. 489.

	Fundort	Gesteinsart	Pyroxendimensionen in mm					
			0,003 × 0,01	0,02 × 0,07 bis 0,04 × 0,01	0,07 × 0,2 bis 0,2 × 0,6	0,2 × 0,7 bis 0,7 × 1,0	0,7 × 1,0 bis 1,0 × 3,0	über 3,0
1	Morolo	Leucitbasalt						
2	Patrica	Leucitit						
3	Ticchiena	Leucittephrit						
4	Callame	Leucitit						
5	St. Arcangelo	Leucitbasalt						
6	S. Francesco	Leucitbasanit						
7	S. Marco	Feldspathbasalt						
8	Pofi	Leucittephrit						
9	Giuliano	Leucitbasalt						
10	Villa Sto. Stefano	Leucitbasalt						

Pelikan[1] studirt, beschrieben und abgebildet worden ist. Daher können auch die Hernikergesteine niemals dazu dienen, ein solch reiches Material zu liefern, wie es Herr Pelikan zur Verfügung hatte und welches ihm die wichtigen Ergebnisse erzielen half.

Die kleinen Pyroxene sind gewöhnlich von folgenden Krystallformen begrenzt:

$$S_{02}^{\sigma}(110).(010).(100).(001) \text{ oder } (\bar{1}01) \text{ und } (\bar{1}01).(111).$$

Grössere Pyroxene sind formenreicher. Mit Hilfe von Dünnschliffen können folgende Zonen erkannt werden:

$$[001].[101].[103].[10\bar{5}].[10\bar{1}].[102].[103].$$

In der Zone [001] kommen auch die Flächen $S_{02}^{\sigma}(120)$ vor.

Wenn wir die verschiedenen Flächen in's Auge fassen, welche in den angeführten Zonen auftreten, und wenn wir den Zonen für die Art und Weise, wie ein Krystall wächst, Bedeutung einräumen, so können wir sagen, dass der Kern eine kleinere Anzahl von Flächen hat als die Hülle; und daher geschieht der Zuwachs des monoklinen Augites nach den Zonen durch Formentheilung.

Die meisten Pyroxene sind im auffallenden Licht grün. Im durchgehenden Lichte geht ihre Farbe von gelbbraun bis olivengrün. Dem gelbbraunen Augite entspricht ein kleinerer Winkel c : c als dem olivengrünen Pyroxen.

Der Pleochroismus ist ziemlich stark, nämlich:

$$\mathfrak{c} = \text{gelblich bis gelbbraun},$$
$$\mathfrak{b} = \mathfrak{a} = \text{gelbgrün bis olivengrün}.$$

In den kleinen Pyroxenkrystallen, welche eine gelbliche ins Bräunliche übergehende Farbe aufweisen und nicht oder kaum pleochroitisch sind, ist der mittlere Auslöschungswinkel auf der Fläche (010):

$$c : c = 45^{\circ}.$$

Wird die Hülle etwas dunkler und daher auch deutlicher pleochroitisch, so zeigt sich

$$c : c = 47^{\circ}.$$

---

[1] A. Pelikan, Über den Schichtenbau der Krystalle. T. M. P. M. 1897. 16. 1—64.

Steigt die Farbe gegen das Grüne und wird der Pyroxen stark pleochroitisch, so misst man

$$c : c = 60^0.$$

Dieser Winkel kann noch grösser werden und die Grenze 75^0 erreichen. Zwar sind solche Pyroxene ziemlich selten im Verhältniss zu den ersteren, indem auch die grösseren mit vielen concentrischen Anwachsumhüllungen versehenen Pyroxene nicht so oft wie die kleineren Pyroxene auftreten.

Ist der Pyroxenkrystall reich an concentrischen Umhüllungen, so können wir leicht beobachten, dass der Winkel

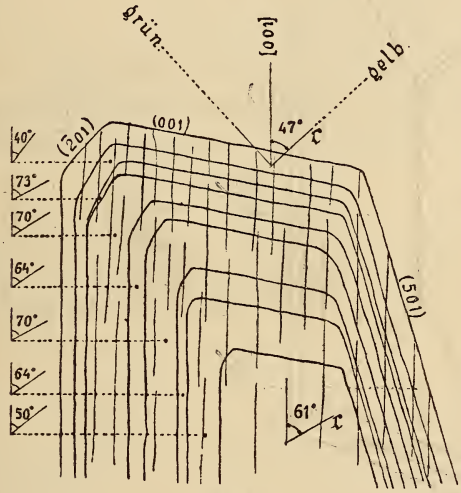


Fig. a.

c : c nicht constant von innen nach aussen wächst, sondern der Fall ist am meisten vertreten, worin die Hüllen mit kleinerem Winkel c : c abwechseln mit Schichten mit grösserem Winkel c : c. Als Beispiel wollen wir einen der Symmetrieebene (010) nahe gelegenen Schnitt anführen (Fig. a). Hier wechseln folgende Winkel ab:

$$c : c = 40^0,\ 47^0,\ 50^0,\ 61^0,\ 64^0,\ 70^0 \text{ und } 73^0.$$

Ein ziemlich gutes Bild giebt uns auch die Taf. IV Fig. 1, wo der zonale Pyroxen mit Feldspatheinschluss versehen ist.

In der Fig. b (p. 106) ist ein Pyroxenschnitt nach (010) aus der Lava von Ticchiena abgebildet, der die Winkel aufweist:

In den Anwachspyramiden ($\bar{1}01$)

$$c : c = 40^0,\ 43^0,\ 48^0.$$

In den Anwachspyramiden (100)

$$c : c = 43^0.$$

Die Fig. c (p. 106) stellt eine noch schönere Sanduhr-

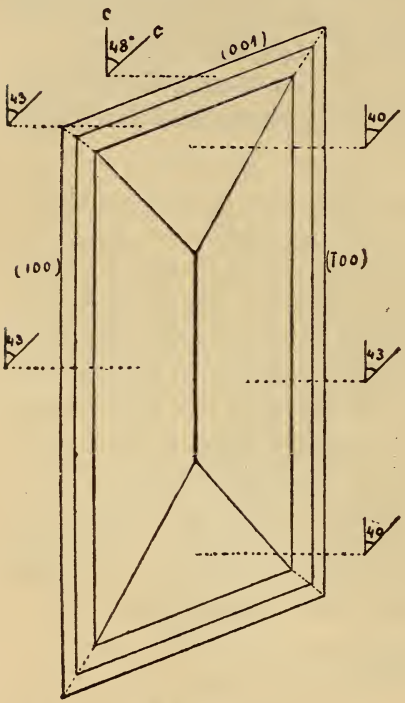


Fig. b.

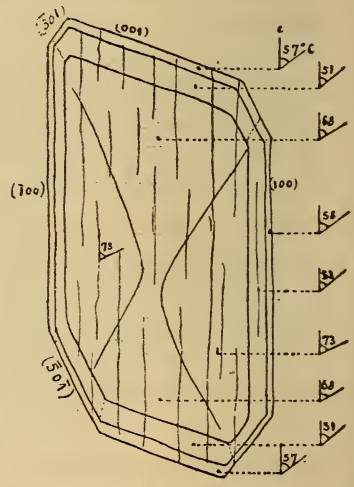


Fig. c.

structur aus dem Leucittephrit von Ticchiena dar. Hier habe ich gemessen:

In den Anwachspyramiden (001)

$$c : c = 68^0,\ 51^0,\ 57^0.$$

In den Anwachspyramiden (100)

$$c : c = 73^0,\ 53^0,\ 58^0.$$

Handelt es sich um kleine Kryställchen, so wird meist beobachtet:

$c : c = 40—47^0$ für den Kern,
$c : c = 50—70$ für die äussere Hülle.

Daraus können wir schliessen, dass man in den Gesteinen des Hernikerlandes zweierlei charakteristische Pyroxene unterscheiden kann, nämlich den einen mit einem Auslöschungswinkel c : c, der zwischen 40° und 50° variirt, und den andern, welcher c : c = 50—75° aufweist. Die erste Varietät kann durch den mittleren Winkel c : c = 45° und die letztere mit Hilfe eines mittleren Winkels c : c = 60° dargestellt werden.

Ich habe günstige, in der Zone [010] liegende Pyroxenschnitte herausgewählt, welche einem Winkel c : c = 45° und einem mittleren Winkel c : c = 60° entsprechen, und Versuche zur Bestimmung des Winkels der optischen Axen angestellt. Dabei habe ich das von mir schon bei dem Albit von Lakous angegebene Verfahren benutzt. Diese Methode, sowie die graphische von Becke geben, wenn man über ein Klein'sches Ocular mit Mikrometerschraube verfügt, ziemlich genügende Ergebnisse. Ich habe folgende Zahlen erhalten:

I. c : c = 45°, 2 V = 60°,
II. c : c = 60 , 2 V = 50 .

Ich werde in der Folge diese zwei typischen Pyroxene auf diese Weise bezeichnen. Bei II wird es wohl nothwendig sein, noch weiter zu unterscheiden:

IIa. c : c = 50—65° und
IIb. c : c = 65—75 .

Um die verschiedenen Pyroxene und ihre Anwachsschichten miteinander zu vergleichen, habe ich mir alle möglichen Schnitte zu Nutzen gemacht, die in über 50 mir zur Verfügung stehenden Gesteinsdünnschliffen zum Vorschein kommen. Um in solchen Schnitten die Auslöschungsschiefe auf bestimmte Richtungen zu beziehen, habe ich mir zwei Diagramme in stereographischer Projection construirt, Taf. X und XI. Dabei habe ich nur die zwei mittleren Typen I und II im Auge gehabt. Vor Allem habe ich für jeden Pol den von den zwei Spaltungsrichtungen gebildeten Winkel berechnet. Rechts sind die Curven des gleichen Winkels der Spaltbarkeit ausgezogen. Natürlich ist das Bild symmetrisch in Bezug auf den Meridian [010], und folglich sind links die Curven des gleichen Winkels der Spaltbarkeit nicht eingetragen. Von den zwei complementären Winkeln α und 180—α ist immer der kleinere derselben gemeint. Die darin vorhandene Diagonale oder Mittel-

linie dient als Richtung zur Messung der Auslöschungsschiefe; dabei wird unter Auslöschungsrichtung die optisch positive verstanden. Um eine solche zu finden, lege man durch die Normale des Schnittes und durch die optischen Axen zwei entsprechende Ebenen, welche die zwei complementären Winkel u und v miteinander bilden. Wie bekannt, sind die diese zwei Winkel halbirenden Ebenen die Richtungen der Auslöschung. Um zu entscheiden, ob die eine oder die andere optisch positiv ist, hat man nur durch die Normale des Schnittes und durch die Richtung c eine Ebene zu legen. Nun bekommen wir diejenige der zwei Auslöschungsrichtungen positiv, welche in denselben Winkel u oder v zu liegen kommt, wo die zuletzt erwähnte durch c gehende Ebene ebenfalls liegt. Bezeichnen wir mit c′ eine solche positive Richtung und mit c′ die spitze Diagonale der zwei Spaltungsrichtungen, so geben die links ausgezogenen Curven in den zwei Taf. X und XI die Linien des gleichen Winkels c′ : c′. Haben wir diese Maassregel getroffen, so bekommen wir in der Zone [001] den Winkel c : c′, welcher im Pole (010) gleich c : c wird.

Fällt der Pol mit (110) zusammen, so scheint die Berechnung des Winkels c : c′ etwas unbestimmt zu sein, je nach der Richtung, durch welche man in (110) hineingelangt. Die richtige Auslöschungsschiefe für den Pol (110) ist jedenfalls diejenige, welche zur Zone [001] gehört.

Sowohl zur Bestimmung des von den zwei Spaltungsflächen eingeschlossenen Winkels als zur Bestimmung der Auslöschungsschiefe habe ich angenommen, dass der Winkel

$$(110) : (1\bar{1}0) = 90^0$$

sei. Wir haben daher mit einem allen Winkeln anhaftenden Fehler zu thun. Dieser Fehler ist sehr klein, sogar für verschiedene Zonen, z. B. [001], vollständig Null. Durch dieses Verfahren ist aber an Übersichtlichkeit viel gewonnen. Ist ferner der von den zwei Spaltungsrichtungen gebildete Winkel recht klein, z. B. 20°, so liegt ein viel grösserer Fehler bei der Schätzung der Auslöschungsrichtung vor, als die Diagramme angeben.

Sind die Diagramme construirt, so können sie in ausgezeichneter Weise sowohl zur Orientirung des Dünnschliffes als zur Bestimmung der Auslöschungsschiefe dienen.

Vorerst sehen wir, wie solche Diagramme für das Studium der Zwillingskrystalle benutzt werden können. Es ist aber eine Betrachtung vorauszuschicken. Wir haben den Winkel c : c durch die Auslöschung auf einem in der Zone [001] liegenden Schnitt zu bestimmen gesucht; es galt nämlich als grösstmöglichste Auslöschungsschiefe der Winkel c : c. Welches ist aber die Wahrscheinlichkeit, dass der Auslöschungswinkel innerhalb enger Grenzen angetroffen wird? Gehen wir von

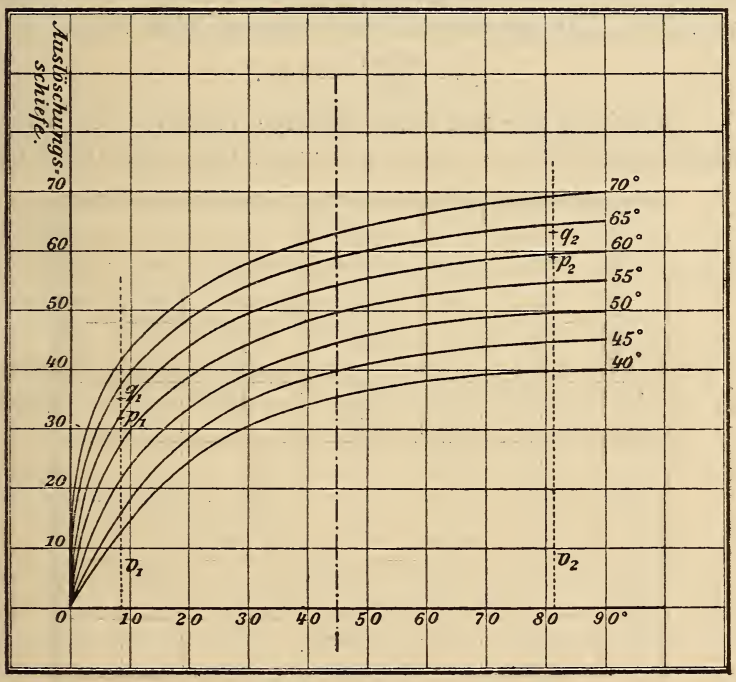


Fig. d.

der Annahme aus, dass jeder Pol, daher jeder Winkel in gleichem Grade wahrscheinlich ist, fassen wir nur jene in der Zone [001] liegenden Pole ins Auge, und untersuchen wir das Diagramm Taf. X. Zeichnen wir die Auslöschungscurve Fig. d für die Zone [001]. Soll nun der Auslöschungswinkel zwischen 55 und 60° liegen, so werden wir die Wahrscheinlichkeit p dadurch berechnen, dass wir 42,5° durch 90 dividiren, denn von 55 bis 60° liegen die günstigen Pole zwischen 47½ und 90°, wie die Fig. d angiebt, während die

möglichen Pole offenbar zwischen 0 und 90° liegen. Die Wahrscheinlichkeit, einen zwischen 60 und 55° liegenden Auslöschungswinkel zu treffen, ist daher

$$p = \frac{42,5}{90} = 0,472$$

oder annähernd $\frac{1}{2}$. Man möge noch die Grösse der Wahrscheinlichkeit, dass die anzutreffende Auslöschungsschiefe zwischen 30 und 35° liege, berechnen. Aus der Fig. d entnehmen wir, dass die günstigen Pole zwischen 7 und $12\frac{1}{2}$°, vom Pole (100) gerechnet, liegen müssen, daher ist

$$p = \frac{12\frac{1}{2} - 7^0}{90} = 0,061.$$

Berechnen wir nun durch dasselbe Verfahren die Wahrscheinlichkeit für alle Winkel, und tragen wir sie als Ordinaten

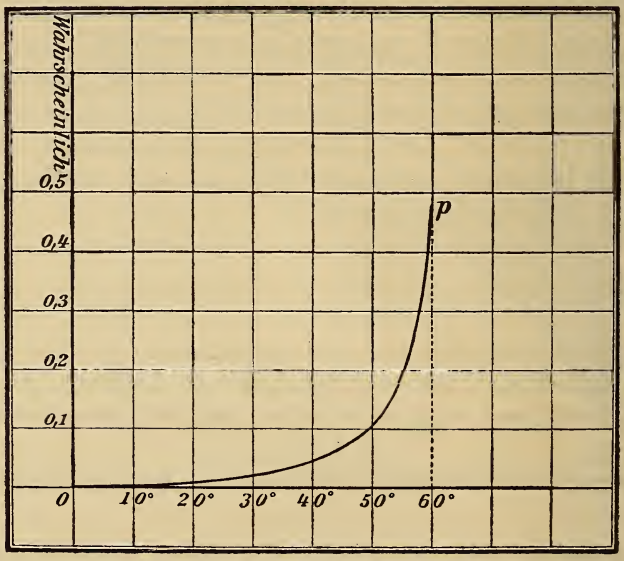


Fig. e.

auf, während die Winkel Abscissen sind, so werden wir die in der Fig. e dargestellte Curve der Wahrscheinlichkeit erhalten. Aus dieser Curve entnehmen wir, dass die Auslöschungsschiefe um so wahrscheinlicher ist, je mehr sie sich dem Winkel c : c nähert.

Das Diagramm Taf. X wird die Auslöschungscurve für die Zone [001] ergeben, welche in derselben Fig. d auf-

getragen ist. Auch für eine solche Curve werden wir eine, wie die vorhin dargestellte Wahrscheinlichkeitscurve erhalten. Und so mögen Auslöschungscurven für die Zone [001] gezeichnet werden, welche zwischen der zu Typus I gehörenden Curve und der zu Typus II gehörenden Curve eingeschaltet und ausgeschaltet sein sollen, und zwar dadurch, dass die optischen Eigenschaften der Pyroxene gleich variiren, wie sie von Typus No. I zu Typus No. II sich verändert haben. Auch aus diesen oder ähnlichen Auslöschungscurven werden sich Wahrscheinlichkeitscurven ergeben, aus welchen zu folgern ist, dass die grösseren Auslöschungsschiefen öfters vorkommen als die kleineren, was ermöglicht, schliesslich einen dem Werthe c : c sehr nahe stehenden Winkel mit Leichtigkeit zu treffen.

Die Diagramme Taf. X und XI, sowie die Auslöschungscurven für die Zonen [001] Fig. d können dazu dienen, den wirklichen Winkel c : c auf einem mittelbaren Wege, und zwar mit Hilfe der Zwillingsbildung, und gleichzeitig die Zwillingsgesetze selbst zu bestimmen.

Die verbreitetsten Zwillingskrystalle sind die nach dem Gesetze: Zwillingsebene (100). Andere Gesetze kommen ebenfalls vor, und zwar nach einer Zwillingsebene, welche zur Zone [001] gehört. Unter den letzteren ist am meisten das Gesetz vertreten, wobei die Zwillingsebene die Krystallfläche (110) ist.

Ist die Zwillingsebene die Fläche (100), so haben wir leichte Kennzeichen, in Dünnschliffen das Zwillingsgesetz unzweifelhaft festzustellen. Vorerst ist klar, dass in beiden Zwillingsindividuen die entsprechenden Spaltbarkeiten miteinander parallel sind. Zweitens weisen alle in der Zone [001] liegenden Schnitte Auslöschungswinkel c : c′ auf, welche für beide Individuen in Bezug auf c symmetrisch liegen. Sind solche Auslöschungswinkel nicht symmetrisch, so kann das erwähnte Zwillingsgesetz nicht vorhanden sein.

Bei einem zweiten Zwillingsgesetz, welches sehr häufig beobachtet wird, ist die Zwillingsebene (110).

Da der Winkel

$$(110) : (1\bar{1}0) = 92^0$$

einem Rechten sehr nahe ist, so werden auch bei diesem Zwillingsgesetze die Spaltbarkeiten für beide Individuen ab-

wechselnd nahezu parallel sein. Der von dem Parallelismus abweichende Winkel wird so klein sein, dass er wegen der nicht vollkommenen Spaltbarkeit des Pyroxen schwer wahrgenommen werden kann. Jedenfalls weisen alle in der Zone [001] liegenden Schnitte parallele Spaltbarkeit auf.

Denke man sich, der Winkel (110) : (1$\bar{1}$0) sei 90°, und untersuchen wir die in der Zone [001] liegenden Schnitte, für welche die in der Fig. d dargestellten Auslöschungswinkel

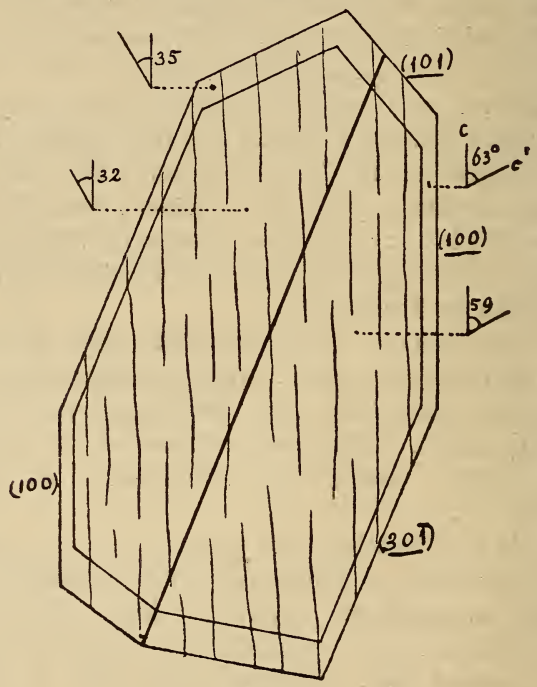


Fig. f.

gelten. Ist ein Zwillingskrystall vorhanden nach der Zwillingsebene (110), so können wir die Auslöschungswinkel für beide Individuen dadurch bestimmen, dass wir durch den Winkel 45° eine Verticale ziehen (Fig. d) und dann die Pole rechts und links gleich weit von dieser Verticalen annehmen.

Als Beispiel wollen wir den in der Fig. f dargestellten Längsschnitt eines Pyroxenzwillingskrystalles untersuchen, der schematisch dem in Taf. IV Fig. 2 abgebildeten Pyroxen des Feldspathbasaltes von S. Marco entspricht.

Die darin für beide Individuen beobachteten Auslöschungswinkel sind folgende:

Kern $c : c' = 32$ und 59^0,
Hülle $c : c' = 35$ „ 63

Tragen wir in Fig. d den kleineren Winkel 32^0 links von der Verticalen 45 und den grösseren Winkel 59^0 rechts von derselben auf. Dadurch erhalten wir zwei Punkte p_1 und p_2, die einer der Auslöschungscurve 60^0 sehr nahe liegenden Curve entsprechen, für welche $c : c = 59\frac{1}{2}^0$ ist; der Pol des Schnittes befindet sich ungefähr bei 9 resp. 81^0. Die zwei anderen Winkel 35 und 63^0 müssen ebenfalls auf derselben Verticalen v_1 und v_2 sich vorfinden. Wie in der Fig. d angegeben, entsprechen sie den Punkten q_1 und q_2, und folglich einer Auslöschungscurve, welche den Winkel

$$c : c = 63^0\,40'$$

ergiebt.

Der wahre Winkel (110) : ($1\bar{1}0$) ist aber nicht 90, sondern annähernd 92^0. Wir haben daher nicht die durch 45^0 gehende Verticale als Symmetrielinie der beiden Pole anzusehen, sondern eine solche, welche durch 46^0 geht; der Punkt p_2 wird aber dadurch keine grosse Verschiebung erfahren.

Wir entnehmen aus der Fig. d, dass, während das eine Individuum immer nur solche Auslöschungswinkel zeigen wird, welche etwa zwischen 54 und $59\frac{1}{2}^0$ liegen, das andere Individuum dagegen alle möglichen Auslöschungsschiefen, welche zwischen 0 und 54^0 liegen, aufweisen wird.

Bleiben wir noch bei dem in Fig. f dargestellten Zwillingskrystall. Aus den in den Dünnschliffen zu messenden Winkeln ersehen wir, dass die Verwachsungsebene der beiden Individuen parallel zur Zone [$\bar{1}03$] ist. Sie muss aber auch eine Ebene sein, welche gleichzeitig senkrecht zur Zwillingsebene (110) ist. Eine solche Verwachsungsebene kommt stets vor.

Das in Fig. g dargestellte Bild veranschaulicht einen Zwillingskrystall ebenfalls des Feldspathbasaltes von S. Marco. Die Spaltungsflächen bilden in beiden Individuen einen Winkel von ungefähr 90^0, und die des einen Individuums sind parallel zu denen des andern. Dass hier sowohl das Zwillingsgesetz, Zwillingsebene (100), als auch das Gesetz, Zwillingsebene (110) vorhanden sein kann, liegt auf der Hand. Wir untersuchen

jetzt, wie sich die Auslöschung in beiden Individuen verhält. Für das eine Individuum erhalten wir den Auslöschungswinkel 36 resp. 54° und für das zweite 18 resp. 72°, da bei senkrechten Spaltbarkeiten sowohl der eine Winkel als auch sein complementärer gelten kann (Taf. X und XI). Um die Pole des Krystallschnittes für beide Individuen zu kennen, müssen wir vorher den betreffenden Pol des einen Individuums so wählen, dass er in die rechts gelegene Curve für 90° und in die links gelegene Curve für 36 resp. 54° fällt (Diagramm Taf. X und XI). Dann drehen wir den so bestimmten Pol um 90° (oder vielmehr um 88°) um die verticale Axe der Diagramme. Gelangt der so gedrehte Pol in die links gelegene Curve für 18 resp. 72°, so entspricht das betreffende Diagramm richtig den optischen Eigenschaften des in Rede stehenden Pyroxens. Wir können uns überzeugen, dass das Diagramm Taf. X für beide Winkel ziemlich gut passt; auch die Farbe des Pyroxen ist die des I. Typus. Der Pol des Schnittes des einen Individuums liegt ungefähr in der Zone [100] und etwa in der Nähe des Poles (0$\bar{1}$1). Aus der Fig. g ersehen wir noch, dass die Verwachsungsebene der beiden Individuen dieselbe ist wie die vorher bestimmte. Allerdings würden die Auslöschungswinkel, nämlich 18 und 36°, ziemlich gut passen, auch wenn die Zwillingsebene (100) wäre.

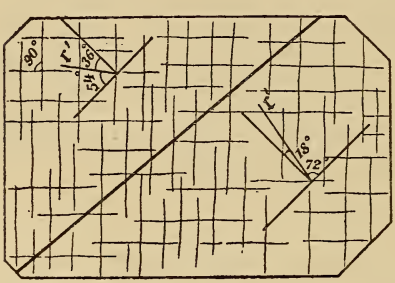


Fig. g.

Nachdem wir gesehen haben, wie sich die in den Dünnschliffen zu bestimmenden physikalischen Eigenschaften verhalten, für die hier in Betracht kommenden und überhaupt für alle in den Eruptivgesteinen des Hernikerlandes immer wiederkehrenden monoklinen Pyroxene, gehen wir dazu über, unsere Pyroxene mit den am besten bekannten Pyroxenen zu vergleichen.

Wir haben hervorgehoben, dass in den Hernikergesteinen zwei verschiedene Typen von Pyroxenen abwechselnd auskrystallisirt sind, nämlich:

I. $c : c = 45^0$, $2V = 60^0$,
II. $c : c = 60$ $2V = 50$,

für welche gilt:

I. $\mathfrak{c}$ = gelb bis braungelb,
$\mathfrak{b} = \mathfrak{a}$ = gelb ins gelbgrünliche.
II. $\mathfrak{c}$ = gelb bis gelborange,
$\mathfrak{b} = \mathfrak{a}$ = olivengrün.

Der Typus II kann eigentlich in zwei Arten getrennt werden, d. h. in

IIa. $c : c = 50—65^0$, $2V = 50^0$,
IIb. $c : c = 65—75$ $2V < 50$

Um über den Typus I ins Klare zu kommen, haben wir eine überaus reiche Literatur.

Schon seit 1871 sind ähnliche Pyroxene von G. Tschermak [1] studirt worden. Es sind folgende:

	c : c	2V
Diopsid von Ala	51° 6′	58° 59′
Kokkolith von Arendal	49 38	58 38
Diopsid von Nordmarken	43 15	60
Hedenbergit von Tunaberg . . .	44 4	62

Später wurden Pyroxene von den nämlichen Localitäten von C. Doelter [2] eingehend untersucht. Er erhielt:

	c : c
Pyroxen, dunkelgrün, von Nordmarken .	46° 45′
Hedenbergit von Tunaberg	47 50

Der erste enthält . . . 17,34 % FeO,
der zweite 26,29

Weitere Studien über Pyroxen haben Flink [3] und A. Schmidt [4] ausgeführt. Der erstere erhielt:

Dunkelgrüne Diopside mit 66,9 % Ca Mg-, 31,1 % Ca Fe- und 2 % Mg Al_2-Silicat: $c : c = 41^0 41'$.

Schwarze Diopside mit 40,9 % Ca Mg-, 57,5 % Ca Fe- und 1,6 % Mg Al_2-Silicat: $c : c = 44^0 38\frac{1}{2}'$.

---

[1] G. Tschermak, Über Pyroxen und Amphibol. Min. Mitth. 1871. 23.

[2] C. Doelter, Über die Abhängigkeit der optischen Eigenschaften von der chemischen Zusammensetzung beim Pyroxen. Dies. Jahrb. 1885. I. 43.

[3] Gust. Flink, Studien über schwedische Pyroxenmineralien. Zeitschr. f. Kryst. **11**. 449. 1886.

[4] A. Schmidt, Daten zur genaueren Kenntniss einiger Mineralien der Pyroxengruppe. Zeitschr. f. Kryst. **21**. 1. 1893.

A. Schmidt fand in einem grünen Diopsid von Nordmarken c : c = 45° 21′ bei 17,34 % FeO, 0,21 % MnO, 0,70 % Fe_2O_3 und 0,17 % Al_2O_3.

Auch F. J. Wiik[1] untersuchte Augite von Nordmarken, und zwar fand er c : c = 45° 45′ bei 17,31 % FeO. Aus seinen Versuchen geht ferner hervor, dass auch finnische Pyroxene in denselben Typus eingereiht werden müssen. Er fand:

Augit von Eura in Finland . . . . c : c = 46° bei 18,55 % FeO.
Augit, schwarz, von Tornen . . . . c : c = 44 30′.
Augit, schwarz, von Ojamo-Lojo . . c : c = 48 bei 27,50 % FeO.
Augit, dunkelgrün, von ebenda . . . c : c = 45 30

Zahlreiche Pyroxene wurden von Herwig[2] studirt; es wird von Interesse sein, einige derselben hervorzuheben, um eine bessere Übersicht zu gewinnen. Er führt unter anderem Folgendes an:

	c : c
Hellgrüner Augit vom Vesuv	45° 17′
mit 6,25 % FeO und 5,73 % Al_2O_3.	
Dunkelgrüner Augit vom Monte Somma	45 19
mit 3,16 % FeO, 3,51 % Fe_2O_3 und 9,84 % Al_2O_3.	
Dunkelgrüner Augit aus der Rhön	46 37
mit 9,90 % FeO und 5,50 % Fe_2O_3.	
Schwarzer Augit aus der Rhön	46 57
mit 7,40 % FeO und 6,58 % Al_2O_3.	

Für andere vom Vesuv stammende Augite fand Herwig:

c : c = 47° 13′, 48° 42′, 49° 23′, 49° 27′ und 49° 55′.

Monokline Pyroxene der Capverdischen Inseln sind von C. Doelter[3] eingehend studirt worden. Wir führen hier nur diejenigen an, welche mit unserem Typus I übereinstimmen können:

Augit von São Vincente mit 62 % CaMg-, 17 % CaFe-, 5 % $MgFe_2$- und 11 % $MgAl_2$-Silicat: c : c = 46° 45′.
Augit von São Antão mit 57 % CaMg-, 14 % CaFe-, 7 % CaFe- und 22 % $MgAl_2$-Silicat: c : c = 47° 55′.

---

[1] F. J. Wiik, Über das Verhältniss der optischen und chemischen Eigenschaften des Pyroxens. Zeitschr. f. Kryst. 8. 208—210. 1884.

[2] F. Herwig, Einiges über die optische Orientirung der Mineralien der Pyroxen-Amphibolgruppe. Zeitschr. f. Kryst. 11. 67. 1886.

[3] C. Doelter, op. cit.

Neuere Beobachtungen über Pyroxen rühren ausser von dem oben erwähnten A. Schmidt auch von Hibsch[1], Alois Sigmund und Pelikan her.

Der erstere bestimmt den Augit der Nephelintephrite mit c : c = 47°. A. Sigmund[2] zeigt, dass die Anwachstheile des Augites vom Nephelinbasanit des Seindl auch verschiedene Auslöschungswinkel haben, nämlich:

im Kern c : c = 47°,
vom Nephelinit des Hochstraden:
im Kern c : c = 42°,
in den Anwachspyramiden (001) c : c = 45°,
vom Nephelinbasanit des Stockels:
im Kern c : c = 48°.

Pelikan[3] bestimmt im Mittel c : c = 45°40′ für die von ihm untersuchten Augite, bei denen ebenfalls die Auslöschungswinkel auf (010) von innen nach aussen variiren.

Ziehen wir noch in Betracht, dass aus der Verwitterung der Augite Kalkspath, Eisenhydroxyd und Chloritsubstanzen hervorgehen, wie sie in den Dünnschliffen beobachtet werden, so können wir nicht fehl gehen, wenn wir den Typus I mit einem der oben citirten von Herwig und Doelter untersuchten Pyroxene identificiren.

Auch die Pyroxene der Leucitite und Leucittephrite vom Albaner Gebirge bei Rom stimmen mit den unserigen vollkommen überein. Von einem solchen Pyroxen, bei dem ungefähr c : c = 45° ist, haben wir eine chemische Analyse von Prof. Piccini[4]:

SiO_2	50,31
CaO	24,64
MgO	13,16
FeO	3,76
Fe_2O_3	1,59
Al_2O_3	4,87
Glühverlust	0,35
Summe	98,68

[1] J. E. Hibsch, Erläuterungen zur geologischen Specialkarte des böhmischen Mittelgebirges. T. M. P. M. 1895. **15**. 260.

[2] Alois Sigmund, Die Basalte der Steiermark. T. M. P. M. 1895. **15**. 361; ibid. 1897. **16**. 337.

[3] A. Pelikan, Über den Schichtenbau der Krystalle. T. M. P. M. **16**. 1.

[4] A. Piccini, Analisi di un' augite del Lazio. Atti R. Accad. dei Lincei. 1880. Trans. III. Folge. 4. 225.

Ich gehe jetzt zu den Pyroxenen des II. Typus über, für den man beobachtet hat:

$$c : c = 60^0 \text{ und } 2V = 50^0.$$

Diese Pyroxene kommen etwas seltener vor. Sie sind in den Nephelingesteinen öfter beobachtet worden als in den Leucitgesteinen. Es ist wichtig, dass wir die hieher gehörenden Pyroxene in zwei Arten eintheilen, wie wir oben bemerkt haben.

Die erste Art, nämlich

$$\text{II a. } c : c = 50—65^0 \text{ und } 2V = 50^0,$$

ist nichts Anderes als ein Aegirinaugit nach Rosenbusch's[1] Auffassung.

Dass der grosse Winkel c : c nicht von einem Gehalte an Mn herrührt, geht aus der chemischen Zusammensetzung des Leucitbasaltes von Morolo hervor, welche ich vorhin angegeben habe. Der grosse Winkel c : c rührt eben nur von Na her.

Mann[2] theilt mit, dass der Winkel $c : c = 60^0$ eines Pyroxens von Rieden 3,35 % Alkali und 19,52 % FeO entspricht.

Brögger[3] bestimmt $c : c = 52^0$ für einen grünen Pyroxen des Nephelinsyenites vom Langesundfjord.

Auch Doelter führt solche Pyroxene auf. Er beobachtete $c : c = 50^0\ 5'$ für einen Augit aus Siderão (Capverden) mit 14 % $Na_2 Al_2 Si O_6$.

Ein Aegirinaugit aus Hauyntephrit des böhmischen Mittelgebirges hat $c : c = 56^0$ nach den Beobachtungen von Hibsch[4].

Ein anderer Aegirinaugit aus dem Nephelintephrit ergab, ebenfalls nach Hibsch, $c : c = 60^0$.

Einige mit Zonarstructur versehene und von Veit Graber[5] studirte Augite ergaben $c : c = 57—60\frac{1}{2}^0$.

Alois Sigmund[6] untersuchte verschiedene Augite mit Sanduhrstructur aus dem Nephelinbasanit von Seindl und aus Basalten der Steiermark. Er fand für dieselben, dass der

---

[1] H. Rosenbusch, Physiographie etc. 3. Aufl. 1892. 537.

[2] P. Mann, Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung einiger Augite aus Phonolithen und verwandten Gesteinen. Dies. Jahrb. 1884. II. 172.

[3] W. C. Brögger, Mineralien der südnorwegischen Augitsyenite. Zeitschr. f. Kryst. **16**. 656.

[4] op. cit.

[5] H. Veit Graber, Über Auswürflinge in den tephritischen Brockentuffen der Umgebung von Tetschen a. E. T. M. P. M. **15**. 1895. 291.

[6] op. cit.

Winkel c : c zwischen 50—55° oder zwischen 51° und 59° in den Anwachspyramiden variirt.

Osann[1] unternahm eingehende petrographische Studien der Apache Mts. Seine Aegirinaugite und Aegirine unterscheiden sich von einander durch die Grösse des Winkels c : c, welcher für Aegirinaugit innerhalb 54 und 60° gelegen ist, während der Winkel c : a für Aegirin zwischen 4 und 6° steht (c : a wohl negativ verstanden).

Die zweite Art des II. Typus ist durch die Winkel

$$c : c = 65—75^0 \text{ und } 2V < 50^0$$

bestimmt.

Pyroxene dieser Art, welche concentrisch den vorhin erwähnten angewachsen sind, sind selten beobachtet worden.

Aus den Versuchen von Mann[2] erfahren wir, dass ein Augit von Elfaden mit 9,36 % Alkali und 22,44 % FeO einen Winkel c : c = 78° besitzt, und dass an einem Augite mit 13,33 % Alkali und 26,35 % FeO ein Winkel c : c = 80° bestimmt wurde.

Ein hoher Gehalt an Alkali lässt also den Winkel c : c wachsen; eine solche Wirkung hat auch ein Gehalt an Mn, wie die Schefferite beweisen. Aber Mangan habe ich in den von mir untersuchten Gesteinen nicht gefunden.

Ein Gehalt an FeO oder Fe_2O_3 kann dagegen den Winkel c : c nicht über 50° bringen.

Wir haben vorhin gesehen, dass die Bestimmung des Winkels c : c in Dünnschliffen mit der grössten Leichtigkeit vorgenommen werden kann, wenn man nur jene Schnitte benutzt, die in der Zone [001] liegen, gleichgültig, ob deren Lage bekannt ist oder nicht. Da ferner die verschiedenen concentrischen Schichten des Pyroxen geometrisch parallel orientirt sind, so haben wir in der Bestimmung des wahren Winkels c : c für eine unbekannte Pyroxenschicht dadurch eine Controle, dass dazwischen Schichten vorhanden sind, deren Winkel c : c bereits angegeben und vorher bestimmt worden ist. Solche Pyroxenschichten werden durch die Farbe und den Pleochroismus sofort erkannt.

---

[1] A. Osann, Beiträge zur Geologie und Petrographie der Apache Mts. T. M. P. M. **15**. 410. 1895.

[2] op. cit.

Soll nun der Pyroxen

$$\text{II a. } c:c = 50-65^0 \text{ und } 2V = 50^0$$

Aegirinaugit genannt werden, so entsteht die Nothwendigkeit, den Pyroxen

$$\text{II b. } c:c = 65-75^0,\ 2V < 50^0$$

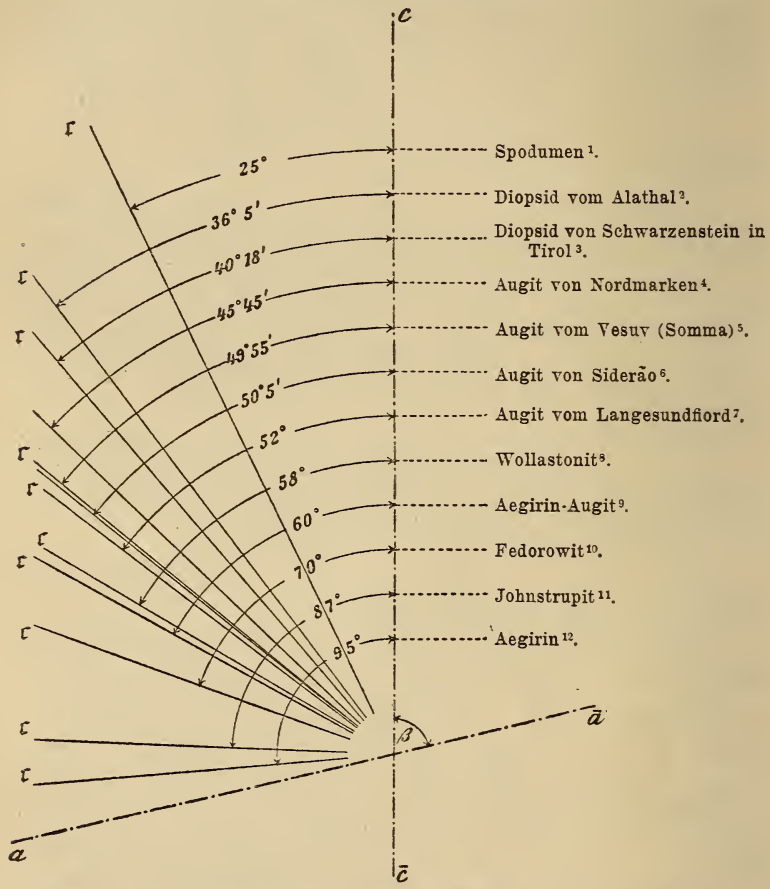


Fig. h. Auslöschungsschiefe auf (100) für verschiedene monokline Pyroxene.

---

[1] G. Greim, Über Ätzfiguren an Diopsid und Spodumen. Dies. Jahrb. 1889. I. 253. — [2] C. Döltrr, Ibid. 1885. I. 47. — [3] A. Schmidt, Zeitschr. f. Kryst. **21**. 35. — [4] F. J. Wiik, Ibid. **8**. 208. — [5] F. Herwig, Ibid. **11**. 67. — [6] C. Dölter, Dies. Jahrb. 1885. I. 53. — [7] W. C. Brögger, Zeitschr. f. Kryst. **16**. 656. — [8] Des Cloizeaux, Min. 1862. 50. — [9] H. Rosenbusch, Physiogr. I. 1892. 537. — [10] Nobis. — [11] W. C. Brögger, Zeitschr. f. Kryst. **16**. 78. — [12] Ibid. **16**. 306.

mit einem anderen Namen zu belegen. Werden diese Anschauungen von den Mineralogen gebilligt, so schlage ich vor, den in Frage stehenden Pyroxen zu Ehren Fedorow's Fedorowit zu nennen.

Der Fedorowit ist daher ein zwischen Aegirinaugit und Aegirin stehender Pyroxen mit 9—13 % Alkali und etwa 24 % FeO. Sein Pleochroismus ist stark:

$$\mathfrak{c} = \text{gelb},$$
$$\mathfrak{b} = \mathfrak{a} = \text{olivengrün};$$

und die optischen Eigenschaften sind:

$$\mathfrak{c} : \mathfrak{c} = 65—75^0 \text{ und } 2V < 50^0.$$

Es mag wohl wichtig sein, dass wir die Haupttypen der oben genannten Pyroxene hier noch zusammenstellen, um eine genaue Übersicht zu gewinnen, wie sich die Pyroxene des Hernikerlandes zu den anderen verhalten. Dabei wurde für den Johnstrupit der Winkel $\mathfrak{c} : \mathfrak{c} = 87^0$ angenommen, obwohl nach Brögger jener Winkel auch 93^0 sein kann (siehe Fig. h).

Leucit.

Die kleinsten in den Eruptivgesteinen des Hernikerlandes vorkommenden Leucitkrystalle sind diejenigen des Leucitbasalts von St. Arcangelo, welche bis auf 0,03 mm heruntergehen. Darauf folgen die Leucite von Callame, deren Grösse nicht unter 0,04 mm ist. In den meisten der leucitführenden Gesteine stehen die Leucite zwischen 0,07 und 0,14 mm. Nur die Leucite von St. Arcangelo gehen bis auf 0,6 mm herauf oder sogar bis auf 1,0 mm. — Die Leucite sind also im Allgemeinen klein und meistens nur durch das Mikroskop erkennbar. Die folgende Tabelle (S. 122) giebt die Verhältnisse der verschiedenen hier in Betracht kommenden Gesteine, was die Grösse der Leucite anbelangt, an.

Aus dieser Tabelle ersehen wir, dass bei einigen Gesteinen, wie Leucitbasalt von Morolo, Leucitit von Patrica, Leucittephrit von Pofi und Leucitbasalt von Giuliano und Villa S. Stefano, die Leucitgrösse nach und nach von 0,06 bis auf 0,14 mm oder etwas darüber wächst; bei anderen Gesteinen dagegen, wie beim Leucitit von Callame und Leucitbasalt von St. Arcangelo, haben die Leucite nur zwei stark von einander verschiedene mittlere Grössen. Der Leucit-

	Fundort	Gesteinsart	Leucitdimensionen in mm							
			0,03	0,04	0,06	0,07	0,10	0,14	0,6	1,0
1	Morolo	Leucitbasalt								
2	Patrica	Leucitit								
3	Ticchiena	Leucittephrit								
4	Callame	Leucitit								
5	St. Arcangelo	Leucitbasalt								
6	S. Francesco	Leucitbasanit								
7	Pofi	Leucittephrit								
8	Giuliano	Leucitbasalt								
9	Villa Sto. Stefano	Leucitbasalt								

tephrit von Ticchiena ist sehr gleichmässig gebildet, da seine Leucite im Mittel nur eine Grösse von etwa 0,14 mm haben. Der Leucitbasanit von S. Francesco enthält sehr kleine und wenige Leucite, deren Grösse etwa 0,05 mm ist.

Die meisten Leucitkrystalle haben Pyroxen- und Apatiteinschlüsse. Solche Einschlüsse sind concentrisch und gewöhnlich symmetrisch angeordnet.

Wenn man sich ein kleines Leucitkryställchen ausgeschieden, und viele kleinere Pyroxenmikrolithen in dem flüssigen Magma denkt, so kann man sich auch vorstellen, dass die in der Nähe der Oberfläche des Leucites auftretenden Pyroxenkryställchen von diesem angezogen und an seiner Oberfläche festgehalten werden. Die Anziehungskraft des Leucites wird aber von der Richtung abhängig sein; daher werden die Pyroxenkryställchen bald hier, bald dort sich mehr anhäufen, und zwar werden sie sich nach Punkten der Oberfläche anordnen, welche gleichwerthig sind, und der Symmetrie des Leucites entsprechen. Kennt man diese gleichwerthigen Punkte, so kann man sich auch über die Symmetrie des Leucites Aufschluss verschaffen. Nun verwittern aber die Pyroxene leicht, die verwitterte Substanz wird herausgewaschen, und es bleiben dann Angriffspunkte für die Verwitterung des Leucites. Die sehr kleinen Leucite verwittern also nicht nur von der Oberfläche aus, sondern auch von innen und zwar symmetrisch nach verschiedenen Richtungen.

Denke man sich also solche Verwitterungsstellen symmetrisch um das Centrum gelegen, so werden im Anfang der Verwitterung die Leucite in Querschnitten als kleine Räder erscheinen. Schreitet die Verwitterung fort, so gehen die Räder in achtstrahlige Sternchen über, welche sehr an die Schneesternchen erinnern. Die acht Radien sind aber nicht alle miteinander, sondern höchstens zu 4 und 4 gleichwerthig. Wir sehen daher, dass durch die Verwitterung die 4 dazwischen gelegenen Strahlen nach und nach verschwinden; es bleibt ein Kreuz zurück, dessen 4 Arme gleichwerthig oder nicht gleichwerthig sein können. Gehört der Leucit zu dem regulären Systeme, so sind die 4 Arme stets gleichwerthig; gehört er aber zu dem quadratischen Systeme, so werden die zu der 4zähligen Hauptsymmetrieaxe senkrechten oder nahezu

senkrechten Schnitte durch die 4 gleichwerthigen Arme des Kreuzes charakterisirt; und sie werden zu 2 und 2 ungleichwerthig, wenn der Schnitt zu einer der 4zähligen Nebenaxen oder zu den 2zähligen Nebenaxen, falls solche vorhanden sind, senkrecht steht. Gehört endlich der Leucit zu keinem der vorher erwähnten Krystallsysteme, so werden alle Schnitte des Leucites als ungleicharmige Kreuze erscheinen.

Ich habe solche Verwitterungsfiguren des Leucites in 62. Vergrösserung in Taf. IX Fig. 12 abgebildet. Die Leucite stammen aus einem Tuffe in der Nähe von Rom. Hier kommen alle möglichen Stadien der Verwitterung vor, und unter diesem Gesichtspunkte ist das Bild recht interessant.

Wer sich mit Leucittuffen lange Zeit beschäftigt hat, wird wohl eine solche lehrreiche Verwitterung des Leucites bemerkt haben. Sie kommt gern in Tuffen vor, wo das Wasser leicht durchfliessen kann; während sie bei den porösen aber nicht wasserdurchlässigen leucitführenden Laven äusserst selten beobachtet wird [1].

Die Verwitterungskreuzchen zeigen, dass die 4 Arme ungleichwerthig sind; andere Kreuzchen gehen sogar in kleine Striche über. Daher stimmt die Annahme darin mit der Erfahrung überein, dass der Leucit mit einer nicht höheren Symmetrie krystallisirt, als sie das rhombische System besitzt.

Durch noch andere Verwitterungssternchen können wir zu demselben Schluss gelangen. Während einzelne Leucite Einschlüsse zeigen, aus denen man auf eine 4zählige Symmetrieaxe schliessen kann, und erst nach der Verwitterung die 2zählige Symmetrie zum Vorschein kommt, beweisen andere Leucitkryställchen durch die Anordnung der Einschlüsse, dass eine 2zählige Symmetrie, und nur eine solche, vorhanden sein kann. Die fortschreitende Verwitterung zeigt, dass 2 in paralleler Stellung befindliche Leucitkryställchen nebeneinander getreten sind, aus welchen 2 Kreuze entstehen. Dass aber 2 solche nebeneinander liegende Sternchen wirklich nur einem Leucit entsprechen, geht eben aus der parallelen Orientirung derselben hervor. Die Taf. IX Fig. 12 stellt auch diesen Fall durch zahlreiche Verwitterungsdoppelsternchen

[1] Auch Herr Sabatini hat mir solche aus dem Tuffe der Campagna Romana gezeigt.

deutlich dar. Vergrössert und schematisch sind sie in der Fig. i abgebildet.

Aus den soeben erwähnten Verwitterungsfiguren des Leucites haben wir gefolgert, dass die kleinen Leucite eine niedrigere Symmetrie besitzen als überhaupt das holoëdrisch - quadratische System verlangt. Solche kleine Leucite haben nicht die sonst sehr charakteristische Zwillingsstructur der grösseren Leucite, welche von C. Klein[1] so schön geschildert worden ist. Dennoch wird ihr doppelbrechender Charakter durch das Mikroskop zwar schwer, aber sicher erkannt; man braucht nur ein Glimmerblättchen in das Mikroskop einzuschalten. Die kleinen bei + N fast dunkel erscheinenden Leucite zeigen mit dem Glimmerblättchen alle möglichen Nüancen der Polarisationsfarbe, da die verschiedenen Leucite verschieden orientirt sind. Was also mit dem Analysator allein unmöglich ist, wird durch eine empfindliche Polarisationsfarbe möglich gemacht.

Fig. i.

[1] C. Klein, Optische Studien am Leucit. Nachrichten v. d. k. Ges. der Wissensch. zu Göttingen. 1884; Über Leucit und Analcim und ihre gegenseitigen Beziehungen. Sitz.-Ber. d. preuss. Akad. d. Wiss. 16. 1897.

Die grossen, Zwillingsstreifung aufweisenden Leucitkrystalle zeigen ihre Polarisationsfarben zwischen + N leichter, oder eigentlich ausschliesslich, da die Zwillingsbänder selbst durch ihre verschiedene Orientirung und durch ihren engen Anschluss aneinander, eine grosse und scharfe Empfindlichkeit in dem Auge hervorrufen. — Es mag daher wohl auf einer physiologischen Täuschung beruhen, dass die Doppelbrechung in kleinen Leuciten nicht beobachtet wird, während dies in den grossen immer möglich ist. Jedenfalls sind alle Leucite der Hernikergesteine doppelbrechend.

Alle grösseren Leucite zeigen zwillingsartige Lamellirung und sie sind daher stets nach dem I. Haupttypus (C. Klein) gebaut. Durchkreuzungszwillinge habe ich nie beobachtet.

In Taf. VI Fig. 6 habe ich einige Leucitkryställchen abgebildet, wie sie in Dünnschliffen vorzukommen pflegen. Dabei zeigt die Lamellirung, dass nur zwei Zwillinge vorkommen können, deren Zwillingsebene einer Fläche von S^{σ}_{02} (110) oder S^{σ}_{02} (101), der früheren S^{σ}_{34} (110), entsprechen kann. Die zwei Zwillinge durchkreuzen sich und wachsen gewöhnlich nach den Flächen S^{σ}_{02} (110), (101), (011).

Betrachten wir die Bedeutung der in der Taf. VI Fig. 6 dargestellten Leucitdurchschnitte. Der Schnitt

a) macht mit (100) einen Winkel von 35° und liegt in der Zone [010]. Die darin vorkommenden Lamellirungen stellen die zu S^{σ}_{02} (011) und S^{σ}_{02} (101) parallelen Ebenen dar; die dritte ist parallel zu S^{σ}_{02} (110). Diese Richtung macht mit vorliegendem Schnitte einen Winkel von 90°, während die anderen zwei Richtungen dazu sehr schief sind;

b) ist parallel zu S^{σ}_{02} (111); die Auslöschung geschieht entweder parallel der Lamellirung oder in einem Winkel von 45° mit dieser. Nur zwei Richtungen von Zwillingslamellen kommen vor, nämlich solche parallel zu S^{σ}_{02} (011) und S^{σ}_{02} (101); die anderen des früheren S^{σ}_{34} (110) fehlen;

c) ist nahezu parallel zu S^{σ}_{02} (212), worin die Auslöschung mit den Zwillingslamellen 40° bildet;

d) ist fast parallel zu (001); daher werden die Lamellen abwechselnd bald immer dunkel bleiben, bald mit 45° auslöschen. Die ersteren gehören zu einem Individuum,

und sind zu S^{σ}_{02} (110) und ($1\bar{1}0$) parallel. Dies Bild zeigt die Durchdringung zweier Zwillinge nach einer der Flächen S^{σ}_{02} (011), worin aber die Zwillingslamellen nach S^{σ}_{02} ($\bar{0}11$) und S^{σ}_{02} (101) fehlen, während nur die nach den Flächen S^{σ}_{02} (110) vorhanden sind;

e) bildet mit (001) ungefähr einen Winkel von 50° und liegt zwischen den 2 Zonen [010] und [110]. — Hier fehlen ebenfalls die übrigen Lamellen, die das Rhombendodekaëder S^{σ}_{34} (110) vervollständigen würden.

In dem Bilde c) ist nur eine Lamellirung vorhanden.

Aus den hier ausgewählten Arten des Vorkommens von Leucitkryställchen mit Zwillingslamellirung ersehen wir, dass nicht immer alle zu den Flächen des Rhombendodekaëders (nach der früheren Auffassung) parallelen Lamellen vertreten sind, oder falls sie vertreten sind, sind sie nicht gleichmässig ausgebildet. Diese Flächen sind daher auch nicht als gleichwerthig zu bezeichnen.

Solche von mir beobachtete Verwitterungsfiguren der kleinen, keine Zwillingslamellen aufweisenden Leucite hat auch Herr Sabatini in den Tuffen von Rom beobachtet, wie er mir mittheilte.

Wir gehen jetzt zu einem anderen Umwandlungsproduct des Leucites über, welches nicht zu den Verwitterungsgebilden gerechnet werden kann, ich meine zu dem epigenetischen Plagioklase.

Viele Leucitite und Leucitbasalte des Hernikerlandes und des Albaner Gebirgs bei Rom sind für Leucittephrite und Leucitbasanite gehalten worden, bis wir, Herr Sabatini und ich unabhängig von einander, den secundären Ursprung der darin enthaltenen Feldspathe erkannten[1].

Wenn wir die Dünnschliffe von Leucititen oder Leucitbasalten, also Leucitite ohne oder mit Olivin genau untersuchen, so erscheinen sie uns im gewöhnlichen Licht als aus

---

[1] C. Viola, Osservazioni geologiche fatte nella Valle del Sacco in provincia di Roma e studio petrografico di alcune roccie. Boll. d. R. Com. Geologico. 1896. No. 1; La metamorfosi dinamica nelle lave leucitiche dei vulcani estinti degli Ernici in prov. di Roma. Rendiconti della soc. toscana di scien. nat. 1896. — V. Sabatini, Sull' origine del Feldspato nelle leucititi Laziali. Boll. Soc. geol. italiana. 15. 70. 1896.

lauter kleinen Leuciten und Pyroxenkryställchen bestehende isometrisch mikrokrystallinisch ausgebildete Gesteine. Taf. VII Fig. 7, Taf. VIII Fig. 10 und Taf. IX Fig. 11 sind genügende Beispiele solcher Structur. Wenn wir dagegen die betreffenden Dünnschliffe zwischen + N beobachten, so tritt nicht dieselbe Structur hervor, da einige im gewöhnlichen Licht als Leucit erscheinende und von diesem auch die Form behaltende Kryställchen eigentlich nicht Leucite sind, da sie das Licht ziemlich stark polarisiren; sie sind Feldspäthe.

Bald ist eine gewisse Anzahl von nebeneinander liegenden Leuciten, bald sind die Leucite nur stellenweise und nur zum Theil in Feldspath umgewandelt.

Der erste Fall ist in der Taf. VIII Fig. 9 dargestellt. Dort sehen wir, dass die Mitte eines schwarzen Feldes etwas aufgehellt erscheint, und dass diese Stelle aus kleinen Leuciten zusammengesetzt ist. Das, was aufgehellt ist, stellt eben einen Feldspathkrystall dar ohne Zonarstructur und idiomorphe Begrenzung. — Der zweite Fall ist in der Taf. VII Fig. 8 dargestellt; wir sehen hier einen gleichmässigen Untergrund mit polysynthetischen Zwillingsstreifungen ohne Zonarstructur und ebenfalls ohne idiomorphe Begrenzung, worin Leucit- und Pyroxenkrystalle eingeschlossen sind. Das Gestein hat eine poikilitische Structur[1].

Die Leucite und Pyroxene sind theilweise umgewandelt, ihre Begrenzungen verschwommen.

Dass hier eine secundäre Bildung vorliegt, und die Leucite daran theilgenommen haben, ist einleuchtend. Man beobachtet aber noch, dass die kleinen Pyroxeneinschlüsse der Leucite bei der Umwandlung der letzteren verschwinden, dass secundär auch Kalkspathkryställchen entstehen, Eisenoxyd, spärlicher Quarz, ja auch Chloritsubstanzen sich bilden. Interessant ist noch, dass die Leucitlamellirung, wo eine solche vorhanden ist, in Feldspathzwillingslamellirung übergeht. Es scheint daher, dass bei dieser secundären Bildung der Pyroxen mitwirkte. Dass hier ferner keine durch das Wasser oder Mineralwasser hervorgerufene Verwitterung der Leucite vorliegen kann, scheint mir billig anzunehmen; denn bei der Verwitte-

---

[1] G. H. Williams, Journal of Geology. 1893. 1. 176. Structure poicilitic.

rung sollte man erwarten, dass die Bildung des secundären Products von den Rissen des Gesteins aus beginne, und der Bewegung des Wassers nach verlaufe. Die epigenetischen Feldspäthe entstehen aber im Innern der Leucite und ihre Bildung schreitet nach aussen fort. Weiteres über solche secundäre Feldspäthe wird unten angegeben.

Feldspath.

Primärer Feldspath. Nur die Gesteine von Ticchiena, S. Francesco, Pofi und S. Marco enthalten als wesentlichen Bestandtheil den Feldspath in mikrolithischer Form. Nur eines derselben, und zwar das Gestein von S. Marco mit dem dazugehörigen, nach S. Francesco hinziehenden Gesteinsgang, enthält den Feldspath ohne Leucitbegleitung. Ein Gestein, wie es dort zu Tage tritt, ist sehr selten in Italien und steht einzig da in der Provinz Rom. Wegen des darin vorkommenden Olivins könnte es unter die Feldspathbasalte eingereiht werden, und zwar in die Familie der Labrador-Anorthit-Basalte. Die Grössen der Feldspäthe sind in der folgenden Tabelle übersichtlich angegeben:

	Fundort	Gesteinsart	Feldspathdimensionen in mm				
			0,07 × 0,014	0,1 × 0,015	0,2 × 0,018	0,5 × 0,1	über 0,5
1	Ticchiena	Leucittephrit					
2	S. Francesco	Basanit					
3	Pofi	Leucittephrit					
4	S. Marco	Feldspathbasalt					

Die kleinsten Feldspäthe kommen in dem Leucittephrit von Ticchiena vor. Dort scheint ihre Grösse überall gleich zu sein, so dass ihre Bildung wohl als gleichzeitig angesehen werden darf. In dem Basanit von S. Francesco und in

dem Leucittephrit von Pofi kommen die Feldspäthe zunächst wie in dem Leucittephrit von Ticchiena vor, aber ihre Dimensionen steigen dann bis auf 0,4 × 0,05 resp. 0,5 × 0,1 mm, woraus ersichtlich ist, dass die Feldspäthe auch nach dem ersten Auskrystallisiren der Leucite, und vor den später noch gebildeten Leucitkrystallen herangewachsen sind.

In dem Feldspathbasalt von S. Marco wird, obwohl die Feldspäthe manchmal mit den Grössen 0,07 × 0,014 mm erscheinen, doch ihre höchste Ausbildung erst erreicht, wenn sie die Grösse 0,4 × 0,05 bis 0,1 erlangt haben. Selten kommen Feldspäthe vor, welche grösser sind als 0,05 × 0,1 mm.

Die Feldspathmikrolithe wurden mit Hilfe des Auslöschungsverfahrens bestimmt. Dabei wurde eine sehr grosse Anzahl von Mikrolithen in den Dünnschliffen ausgewählt, deren Pole meistens in der Nähe der Zone [100] liegen.

Für den Leucittephrit von Ticchiena mögen folgende Auslöschungsschiefen mitgetheilt werden:

+ 33°	und	+ 25°
+ 49	„	+ 14
+ 18	„	— 45
+ 38	„	+ 29
+ 37	„	— 15
+ 42	„	— 17

welche sich auf die zwei Individuen eines Albitzwillings beziehen.

Der erste und die 4 letzten Schliffe passen für einen Feldspath, der sich dem Mischungsverhältniss $Ab_2 An_3$ nähert. Der erste Schnitt entspricht einem Feldspathe, der zwischen $Ab_2 An_3$ und An liegen mag[1].

Der zweite Schnitt, dessen Auslöschungsschiefen + 49° und + 14° sind, bestimmen einen Feldspath, der dem An sehr nahesteht.

Für den Leucitbasanit von S. Francesco und für den Feldspathbasalt von S. Marco habe ich folgende Auslöschungsschiefen erhalten:

---

[1] C. Viola, Über Feldspathbestimmung, und Versuch einer elementaren Feldspathbestimmung im Dünnschliffe nach dem allgemeinen Princip der Wahrscheinlichkeit. Zeitschr. f. Kryst. **30**. 1898. 34, 53.

$+31^0$	$+31\frac{1}{2}^0$	$+32^0$
-35	$-35\frac{1}{2}$	-36
-18	-30	Schnitt in der Nähe von (001) geführt.
-30	$+46$	„ „ „ „ „ (010) „
$+29$	$+37$	
$+34$	$+40$	
$+36$	$+20$	

Die 7 Bestimmungen erklären das Überwiegen des Anorthits. In der That entsprechen die 5 ersten Zahlen ziemlich genau den Zahlenwerthen, welche im Michel-Lévy'schen Diagramme für An angegeben sind, und nur die zwei letzten Paare von Auslöschungsschiefen nähern sich den Zahlen für $Ab_2 An_3$.

Der Leucittephrit von Pofi hat ergeben:

$+24^0$	$+45^0$	in der Nähe von $(\bar{1}10)$ geführter Schnitt.
$+29$	$+39$	„ „ „ „ $(\bar{1}10)$ „ „
$+31$	$+45$	„ „ „ „ $(\bar{1}10)$ „ „
-21	-37	Schnitt zwischen (001) und (110).
$+8$	-47	„ in der Nähe der optischen Axe B.
$+33$	-53	„ nahe bei (010).
-19	$+45$	„ „ „ (010).
-35	$+43$	„ „ „ (010).

Die Zahlenwerthe passen gut für An.

Secundärer Feldspath[1]. Der mit pseudomorpher Begrenzung, ohne Zonarstructur mehrere Leucitumrisse ausfüllende Feldspath, bald ohne Verzwillingung, bald mit polysynthetischer Lamellirung, aber stets dieselbe optische Orientirung aufweisend, der bei dem Leucite besprochen worden ist, hat epigenetischen Ursprung. In der Taf. VII Fig. 8 resp. Fig. 7 ist der secundäre Feldspath in der That eine Pseudomorphose nach Leucitkryställchen, und Taf. VIII Fig. 10 des secundären Feldspathes stellt die poikilitische Structur dar.

Zur Bestimmung dieser epigenetischen Feldspäthe habe ich einige Beobachtungen nach Fouqué's Angabe ausgeführt.

Zwei Feldspathkrystalle des Leucittephrites von Ticchiena haben ergeben:

Auslöschung auf c 25^0,
„ „ a 65

[1] Siehe bei dem Abschnitt über Leucit. p. 127.

Secundäre Feldspäthe finden sich am meisten in dem Leucitbasalte von Morolo. Dort habe ich beobachtet:

Auslöschung auf c 15°
„ „ a 62

Die Leucitite des Albaner Gebirgs haben ferner ergeben:

Auslöschung auf c 10°
„ „ a 80

Wir sehen daraus, dass die secundären Feldspäthe nicht zu einem constanten Typus gehören, sondern sie variiren von Labrador-Bytownit bis zum Oligoklas, was wohl die Annahme bestätigt, dass der in Betracht kommende Feldspath wirklich sein Dasein secundären Ursachen verdankt.

Wenn man die eigenartige Natur dieses Feldspathes mit derjenigen der Feldspathmikrolithen vergleicht, so bemerken wir die Thatsache, dass die umgewandelten Leucite keine Pyroxeneinschlüsse enthalten, welche durch Eisenoxydniederschlag und Chloritsubstanz vertreten werden, ferner das Verschwinden der Contact-Pyroxenkrystalle, und den allmählichen Übergang der Leucite in Feldspath. Dadurch werden wir zu der Hypothese berechtigt, nicht nur dass diese secundären Feldspäthe Umwandlungsproducte der Leucite sein müssen, sondern auch, dass der dazu nöthige Kalk- und Natrongehalt von dem Pyroxen geliefert worden ist.

Um über diesen secundären Feldspath besseren Aufschluss zu gewinnen, habe ich in diesem speciellen Falle die Gesteine daraufhin untersucht, wie sie von dem Wasser durchdrungen werden und wie sie infolge dessen verwittern. Ich habe daher den Leucittephrit von Ticchiena auf Porosität und Durchlässigkeit untersucht.

Unter absoluter Porosität versteht man eine Zahl, welche das Verhältniss angiebt zwischen der Grösse der im Körper vorhandenen leeren Räume und dem ganzen Volumengehalt. — Um die Porosität in nicht allzu kleinen Bruchtheilen zu erhalten, multiplicirt man das genannte Verhältniss mit 100[1]. Der gesammte Volumeninhalt oder das scheinbare Volumen ergiebt sich dadurch am besten, wenn man die Gesteinsprobe

[1] Mittheilungen der Materialprüfungsanstalt am Schweiz. Polytechnikum in Zürich. V. Heft. 1893. 40 ff. V. Heft. Zürich 1896. 130 ff.

von circa 30 cbcm mit einer 1 mm dicken Schicht von Paraffin bedeckt. Das wahre Volumen wird durch das wahre specifische Gewicht erhalten.

In drei an verschiedenen Stellen genommenen Proben hat sich für das scheinbare specifische Gewicht ergeben:

2,754 2,725 2,716,

das wirkliche spec. Gewicht = 2,862. Daher ergeben sich für die Porosität des genannten Gesteins die Zahlen:

3,77 4,78 5,10,

deren Mittel n = 4,50 ist.

Die scheinbare Porosität stellt das Verhältniss zwischen der Quantität Wasser, die das Gestein überhaupt aufnehmen kann, zu dem Gesammtvolumen, multiplicirt mit 100 dar.

Ein an demselben Gestein gemachter Versuch ergab

$$n_a = 4{,}61.$$

Diese Zahl ist für das Studium der Gesteine und der Vorgänge, welche darin vor sich gehen, wichtig. Wenn aber das Gestein für das Wasser porös ist, so ist es doch nicht nothwendig immer durchlässig.

Um über die Wasserdurchlässigkeit desselben Leucittephrites von Ticchiena ins Klare zu kommen, habe ich das Gestein erprobt bei verschiedenem Überdruck.

Ich hatte nur 5 Atm. Überdruck zur Verfügung. Daher liess ich das Gestein mehrere Tage unter einem Überdruck von 4½ Atm., bis der Wasserdurchfluss constant blieb, dann liess ich den Überdruck nach und nach sinken, zuerst auf 3 Atm., dann auf 2 und endlich auf 1 Atm.

Die beobachteten Zahlen sind folgende:

4½	Atm.	Überdruck	0,55	cbcm in	1	Stunde
3	„	„	0,35	„ „	1	„
2	„	„	0,15	„ „	1	„
1	„	„	—			

Wenn wir auf die Abscissenaxe den hydraulischen Überdruck und auf die Ordinatenaxe das Wasserquantum in Cubikcentimetern auftragen, so bemerken wir, dass die so erhaltenen 4 Punkte a, b, c, d ziemlich genau auf einer geraden Linie stehen (Fig. k), welche die Abscissenaxe auf 0,9 Atm. schneidet.

Der Versuch lehrt also, dass das Gestein unter einem Überdruck von ungefähr 1 Atm. das Wasser nicht durchlassen kann. Es ist durchlässig für einen Überdruck, der höher als 1 Atm. sein muss. Diese Zahlen beziehen sich auf eine Dicke des Gesteins von 13 mm. Für 10 mm Dicke wäre also die Durchlässigkeitsgrenze auf ca. 0,7 Atm.; für 100 mm 7,7 Atm. und für 1 m wäre sie 77 Atm. Überdruck etc. Das ist aber auch eine selbstverständliche Sache, denn der nöthige Überdruck des Wassers muss die Capillaritätskraft und die Reibung

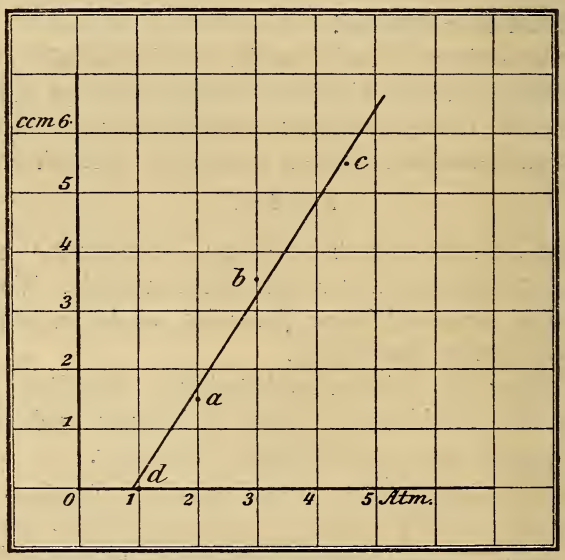


Fig. k.

zwischen Wasser und Wasser überwinden. Die Capillarität ist aber proportional zu der mit dem Wasser in Berührung stehenden Fläche des festen Körpers.

Aus diesen Zahlen ist deutlich ersichtlich, dass der Leucittephrit von Ticchiena für die in der Natur vorkommende und mögliche Kraft nicht wasserdurchlässig ist. Das Wasser fliesst durch die Gesteinsrisse, und von diesen aus dringt es in das Gestein ein. Die Verwitterung des Gesteins verfolgt dann aber auch denselben Weg wie das darin sich bewegende Wasser; nämlich sie beginnt in den Spaltrissen, und schreitet von diesen nach innen fort.

Ich beobachtete aber die secundären Feldspäthe nicht gleichmässig vertheilt; sie treten vielmehr stellenweise auf, was darauf schliessen lässt, dass sie ein nicht von dem Wasser herrührendes Product darstellen.

Peridot.

Die Peridotminerale des Leucitbasaltes von Morolo, St. Arcangelo, Giuliano di Roma und Villa Sto. Stefano und des Feldspathbasaltes von S. Marco sind stets Einsprenglinge der intratellurischen Zeit. Dies lässt sich sowohl aus ihrer Grösse, als auch aus den abgefressenen Rändern der Krystalle schliessen, welche dem flüssigen Magma ausgesetzt waren.

Wie der Peridot im Dünnschliffe erscheint, zeigen die Fig. 3 und 4 auf Taf. V. Das letzte Bild stellt einen Schnitt parallel zu (001) dar, wobei die deutlichen Risse die zu (010) parallele Spaltung angeben, und das gut wiedergegebene Oberflächenrelief auf ein starkes Lichtbrechungsvermögen hinweist. Die Umrisse entsprechen den Zonen S^{σ}_{22} [1$\bar{1}$0].

Die nicht allzu grosse Menge von Krystallen erlaubt kaum, dass feine Messungen daran vorgenommen werden können. Doch konnte ich den Winkel der optischen Axen durch die Methode des doppelten Oculars von C. Klein bestimmen, die ich auch auf den Albit von Lakous[1] und auf den Pyroxen angewandt habe (vergl. p. 107). Ich erhielt Folgendes:

$$2V = -60-65^0.$$

Die spitze Bissectrix ist daher $\mathfrak{a}$, und das grösste Lichtdoppelbrechungsvermögen:

$$\mathfrak{c} - \mathfrak{a} = 0{,}048-0{,}052.$$

Ich glaube daher, dass die von mir gemessenen Krystalle Fayalit seien, oder doch ein dem Fayalit sehr ähnlicher Olivin.

Solche Krystalle sind in durchfallendem Lichte etwas röthlich und verwittern von aussen her so, dass die äussere Hülle ganz roth erscheint, da sie in Eisenoxyd umgewandelt wird. Sollte es Olivin sein, so würde man aus der Ver-

---

[1] C. Viola, Über den Albit von Lakous (Insel Kreta). T. M. P. M. 15. 135.

witterung doch nicht nur Eisenoxyd, sondern auch ein Magnesiumsilicat, das allerdings verdrängt werden könnte, erhalten. Das nicht beobachtete Magnesiumsilicat berechtigt also anzunehmen, dass nicht Olivin, sondern Fayalit vorhanden sein muss. Dies bestätigt das einfache und doppelte Lichtbrechungsvermögen.

Wegen dieser Verwitterung des Olivins und wegen des starken Brechungsvermögens muss ich annehmen, dass der meiste Olivin der Leucitgesteine der Albaner Berge bei Rom ebenfalls ein fayalitartiger Peridot ist. Es scheint sogar, dass der Fayalit in stark eisenhaltigen Gesteinen viel verbreiteter sei als der Olivin. Ich weiss nicht, ob Herr Doss [1] auf die Vermuthung gekommen ist, dass die von ihm beobachteten und dieselben Verwitterungserscheinungen zeigenden Olivine nicht vielleicht Fayalit sein könnten. Es wäre doch auffallend, wenn die aus dem Olivin entstandene Serpentinsubstanz vollständig entfernt worden wäre.

Auch die Augitandesite von Torralba in Sardinien, von denen ich, dank der Güte von Herrn G. d'Achiardi [2] in Pisa, einige Dünnschliffe beobachten konnte, zeigen jene optischen Charaktere und Verwitterungserscheinungen, nach welchen anzunehmen ist, dass die darin vorhandenen Olivine ebenfalls Fayalite sind.

---

[1] B. Doss, Die basaltischen Laven und Tuffe der Provinz Haurân und vom Dîret-et-Tutûl in Syrien. T. M. P. M. 1885. 7. 461 ff. 1895.

[2] G. d'Achiardi, Le andesiti augitico-oliviniche di Torralba (Sardegna). Boll. Soc. Geol. ital. 15. 528. 1896.

Tafel-Erklärung.

Taf. IV.

Fig. 1. Pyroxen mit Feldspatheinschlüssen aus Feldspathbasalt von Fosso San Termini (Prov. Rom). + N ohne Glimmereinschaltung. Vergr. 88.

„ 2. Pyroxenzwilling in Feldspathbasalt von Colle del Vescovo (Prov. Rom). + N. Vergr. 88.

Taf. V.

Fig. 3. Olivin in Basanit von Morolo (Prov. Rom). O. L. Vergr. 88.
„ 4. Olivin in Feldspathbasalt von San Marco (Prov. Rom). + N. Vergr. 88.

Taf. VI.

„ 5. Leucit in Feldspath umgewandelt aus Leucitit von Cesa Federico (Prov. Rom). + N mit Glimmerplatte. Vergr. 105.
„ 6. Leucitdurchschnitte. + N mit Glimmerplatte. Vergr. 250—300.

Taf. VII.

„ 7. Feldspath im Untergrund aus Leucitit von Campi d'Annibale (Albaner Gebirge bei Rom). O. L. Vergr. 88.
„ 8. Feldspath im Untergrund aus Leucitit von Campi d'Annibale (Albaner Gebirge bei Rom). + N. Vergr. 88.

Taf. VIII.

„ 9. Leucit in Feldspath umgewandelt aus Leucitit von Valle dei Ladroni (Albaner Gebirge bei Rom). + N. Vergr. 88.
„ 10. Leucit in Feldspath umgewandelt aus Leucitit von Valle dei Ladroni. O. L. Vergr. 88.

Taf. IX.

„ 11. Leucit in Feldspath umgewandelt, secundärer Glimmer etc. aus Leucitit von Cesa Federico (Prov. Rom). O. L. Vergr. 88.
„ 12. Verwitterte Leucite aus einem Tuffe von Subiaco (bei Rom). O. L. Vergr. 62.

Taf. X.

Stereographisches Diagramm für einen S_{02}^{σ}-Augit mit [001] : c = 45°. — Rechts der Geraden 100 . $\bar{1}$00 sind die Curven der Spaltungswinkel, links die Curven der Auslöschungswinkel eingetragen.

Taf. XI.

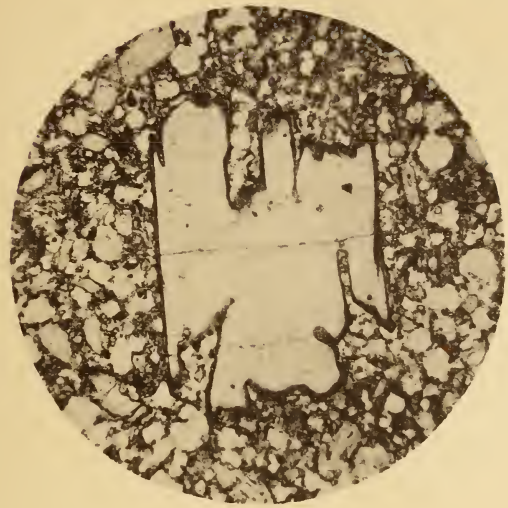
Stereographisches Diagramm für einen S_{02}^{σ}-Augit mit [001] : c = 60°. — Rechts der Geraden 100 . $\bar{1}$00 sind die Curven der Spaltungswinkel, links die Curven der Auslöschungswinkel eingetragen.

1.

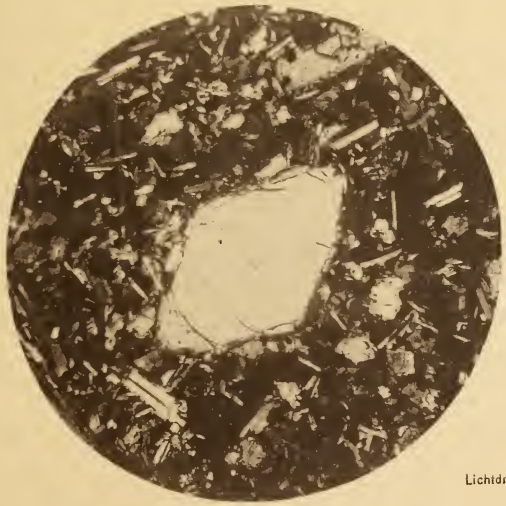
2.

Lichtdruck v. Carl Ebner, Stuttgart.

C. Viola, Mineralogische und petrographische Mittheilungen aus dem Hernikerlande in der Provinz Rom (Jtalien).



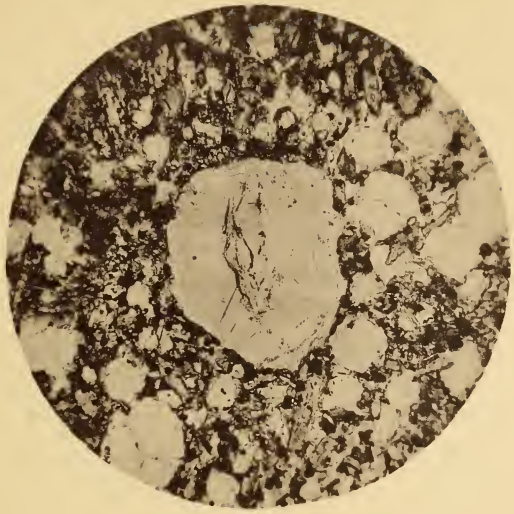
3.



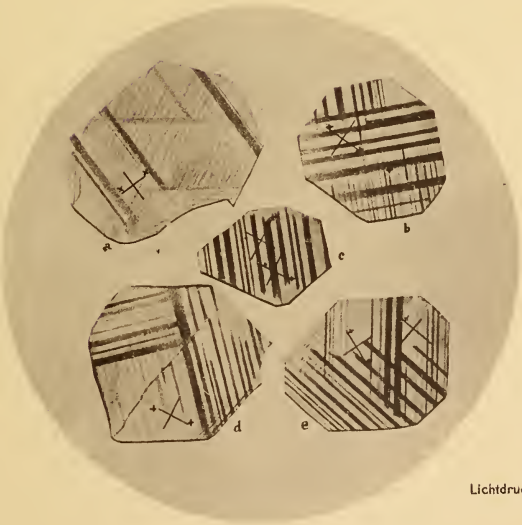
Lichtdruck v. Carl Ebner, Stuttgart.

4.

C. Viola, Mineralogische und petrographische Mittheilungen aus dem Hernikerlande in der Provinz Rom (Jtalien).



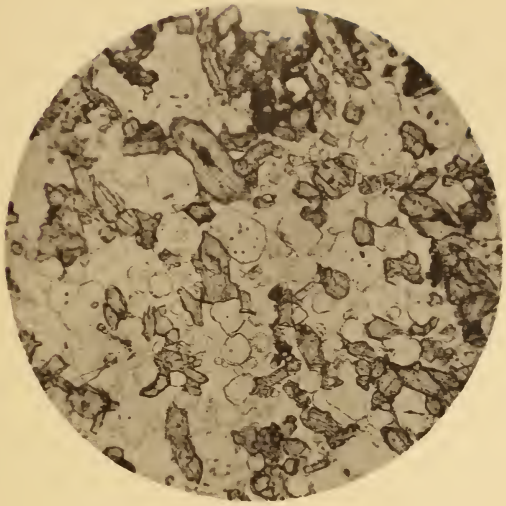
5.



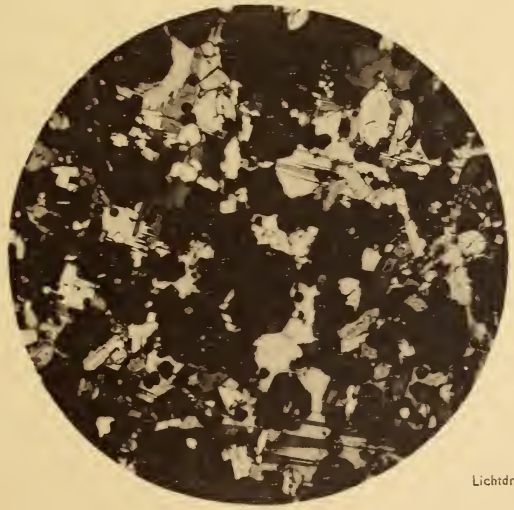
Lichtdruck v. Carl Ebner, Stuttgart.

6.

C. Viola, Mineralogische und petrographische Mittheilungen aus dem Hernikerlande in der Provinz Rom (Jtalien).



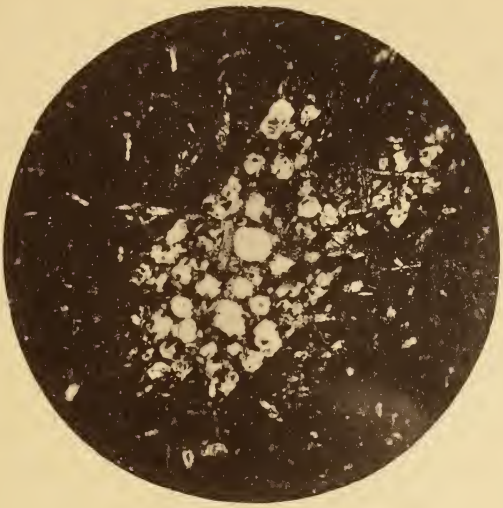
7.



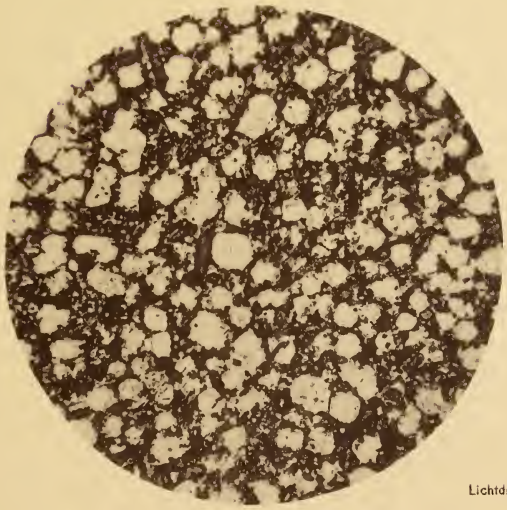
Lichtdruck v. Carl Ebner, Stuttgart.

8.

C. Viola, Mineralogische und petrographische Mittheilungen aus dem Hernikerlande in der Provinz Rom (Italien).



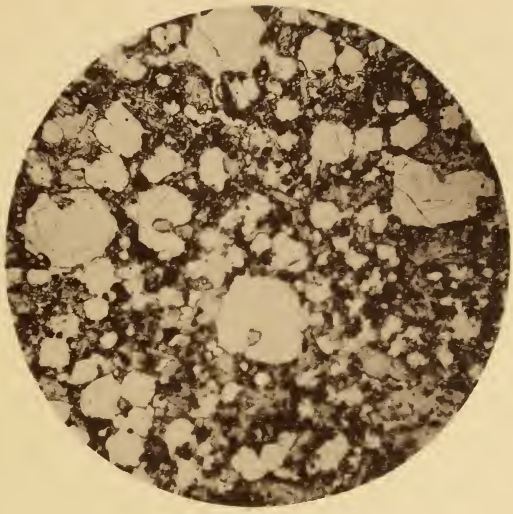
9.



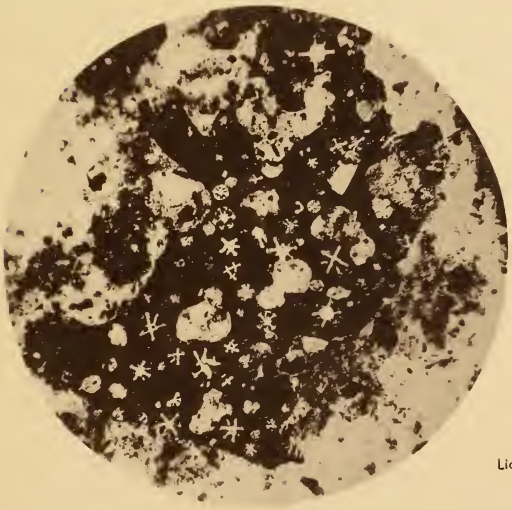
Lichtdruck v. Carl Ebner, Stuttgart.

10.

C. Viola, Mineralogische und petrographische Mittheilungen aus dem Hernikerlande in der Provinz Rom (Jtalien).



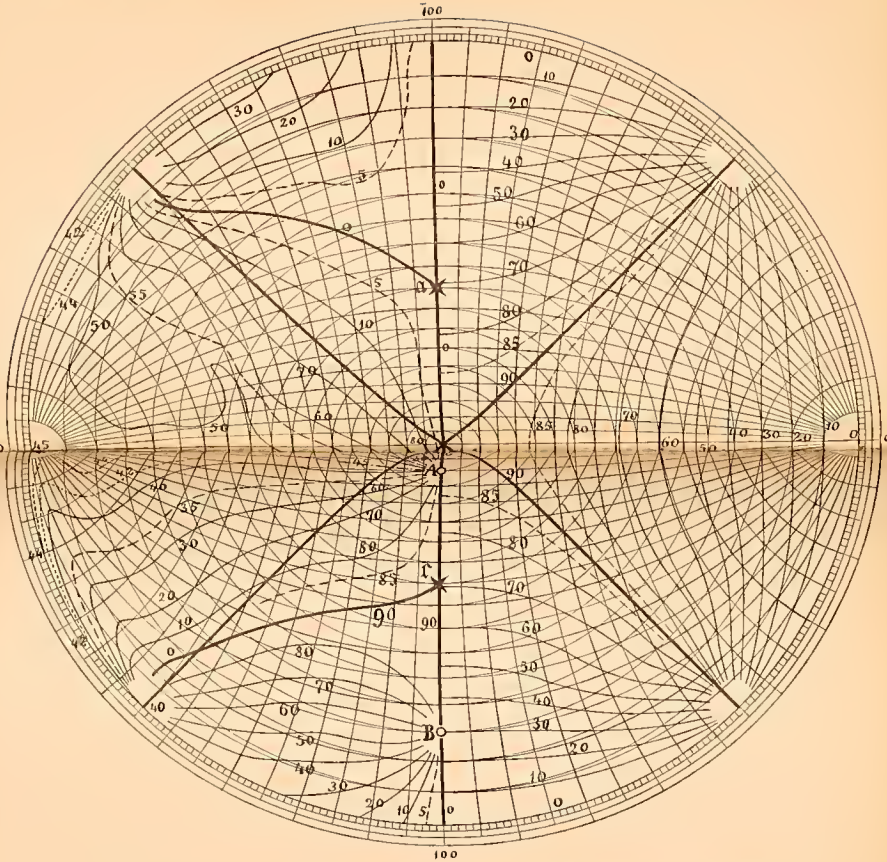
11.



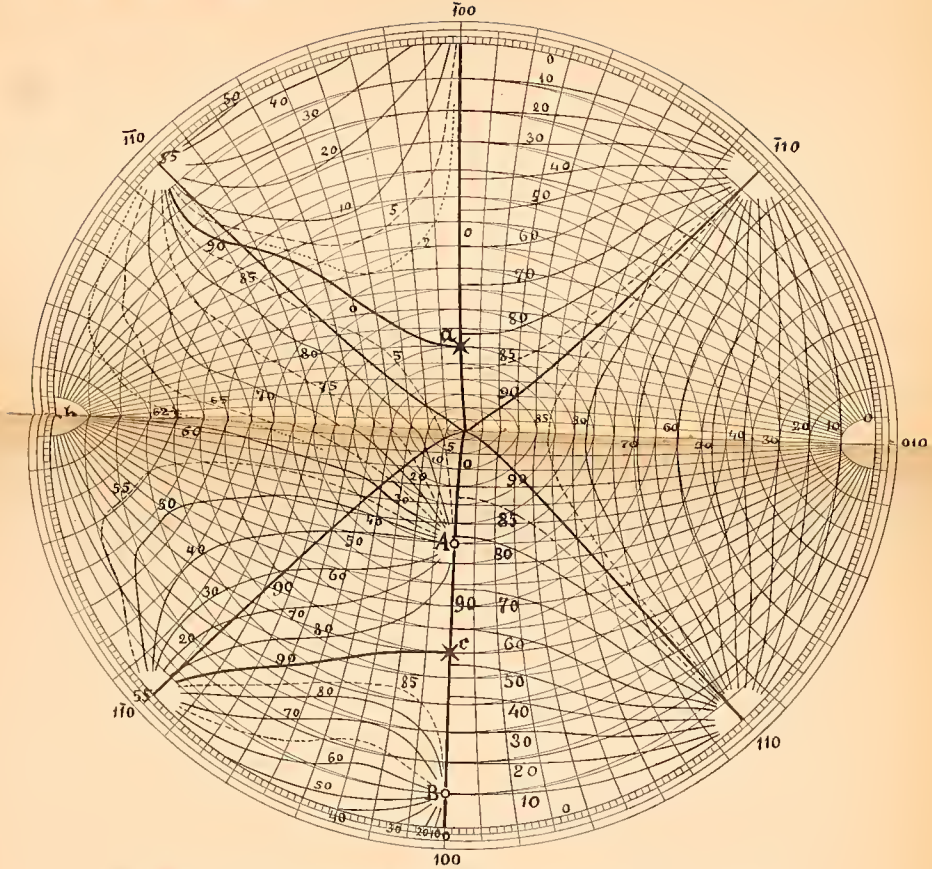
12.

Lichtdruck v. Carl Ebner, Stuttgart.

C. Viola, Mineralogische und petrographische Mittheilungen aus dem Hernikerlande in der Provinz Rom (Jtalien).



C. Viola, Mineralogische und petrographische Mittheilungen aus dem Hernikerlande in der Provinz Rom (Italien).



C. Viola, Mineralogische und petrographische Mittheilungen aus dem Hernikerlande in der Provinz Rom (Italien).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

Jahr/Year: 1899

Band/Volume: 1899

Autor(en)/Author(s): Viola Carlo Maria

Artikel/Article: Mineralogische und petrographische Mittheilungen aus dem Hernikerlande in der Provinz Rom (Italien), 93-137