

VIII. Bemerkungen über die chemische Zusammensetzung einiger Mineralien.

Von

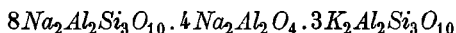
F. Zambonini in Turin¹⁾.

(Hierzu Tafel IV.)

In den letzten Jahren habe ich mich, teils auf Grund eigener Versuche, teils unter Benutzung der von anderen Fachgenossen veröffentlichten Untersuchungen, mit der chemischen Konstitution verschiedener natürlicher Silikate beschäftigt. Die von mir erhaltenen Resultate hoffe ich in einer Reihe von sukzessiven Abhandlungen bekannt zu machen, und ich beginne heute mit einigen Bemerkungen über die Nephelengruppe und die Pyroxene, welche dreiwertige Elemente enthalten. Es handelt sich um schon seit langer Zeit ausgeführte Studien: die Verspätung in der Veröffentlichung war aber von Nutzen, weil es mir jetzt möglich ist, der Darlegung meiner Ansichten die Diskussion jener hinzuzufügen, welche die Herren Thugutt und Boeke vor einigen Monaten geäußert haben.

Nephelengruppe.

Vor kurzem hat St. J. Thugutt²⁾ eine Abhandlung veröffentlicht, in welcher er die verschiedenen, bis jetzt geäußerten Hypothesen über die chemische Konstitution des Nephelins diskutiert. Auf Grund seiner Diskussion kommt Thugutt zum Schluß, daß es in der Natur einen einzigen primären und normalen Nephelin gibt, welcher der Formel



entsprechen soll. Alle anderen Nepheline wären nur Mischungen vom normalen Nephelin mit seinen Zersetzungsprodukten.

1) Diese Arbeit wurde in der Sitzung vom 20. Juni 1914 der k. Akademie der Wissenschaften zu Neapel vorgelegt.

2) Sur les formules de la constitution de la néphéline. *Compte rend. de la Société des Sciences de Varsovie* 1913, 849.

In den letzten Jahren habe ich mich wiederholt mit der Konstitution des Nephelins und der ihm nahestehenden Mineralien beschäftigt¹⁾: ich erlaube mir daher die Gründe zu erwähnen, welche, wie mir scheint, zweifellos beweisen, daß das Resultat Thugutt's unhaltbar ist: ich glaube, daß Herr Thugutt selbst es wahrscheinlich modifiziert hätte, wenn meine diesbezüglichen Arbeiten ihm bekannt gewesen wären.

Die Fundamentalhypothese Thugutt's, daß die bis jetzt analysierten Nepheline nur Mischungen eines ursprünglichen Minerals mit seinen Zersetzungsprodukten darstellen, ist nach meiner Ansicht ganz unhaltbar. Ich kann zugestehen, daß einige unter den älteren Analysen an nicht ganz reinem oder sogar in Umwandlung begriffenem Material ausgeführt worden sind, aber das ist mit Sicherheit für die meisten der Analysen Morozewicz's und für jene, welche F. Stella Starrabba unter meiner Leitung ausführte, ausgeschlossen. Morozewicz hat die von ihm analysierten Nepheline sorgfältig mikroskopisch untersucht: die von mir in der Appendix zur vesuvischen Mineralogie beschriebenen Nepheline wurden ebenfalls einer sorgfältigen mikroskopischen Prüfung unterworfen: sie waren alle vollkommen frisch, und es war nicht möglich, in den Dünnschliffen irgend eine Spur von Zersetzungsprodukten zu entdecken. Es ist daher unmöglich, jene Nepheline als Mischungen von einem ursprünglichen Mineral mit seinen Zersetzungsprodukten zu betrachten.

Nicht mehr haltbar ist die weitere Hypothese Thugutt's, daß zahlreiche Nepheline und insbesondere jene, welche Morozewicz als basische Glieder der Reihe bezeichnete, sekundäre Nepheline hydrothermalen Ursprungs wären. Ich will über die Vorkommen, welche mir nicht persönlich gut bekannt sind, nichts sagen, aber es ist absolut sicher, daß die Ansichten Thugutt's keine Anwendung auf die Nepheline des Monte Somma finden können, welche in den Blöcken von Sanidiniten, nephelinführenden Mikrosyeniten usw. vorkommen, weil es sich um Gesteinstypen handelt, welche mit hydrothermalen Bildungen gar nichts zu tun haben. Noch weniger kann man einen solchen Ursprung für den Pseudonephelin annehmen, welcher die Drusenwände der Leucitite der Umgegend Roms bekleidet, weil es sich um ein Mineral handelt, welches sich durch Autopneumatolyse, wie die Mineralien der Lava della Scala bei Portici, gebildet hat.

Mit den erwähnten Tatsachen glaube ich genügend bewiesen zu haben, daß es ganz willkürlich ist, wie es Thugutt tut, als ursprüngliche und

1) F. Zambonini, Contributo allo studio dei silicati idrati. Atti R. Accad. delle Scienze Fis. e Mat. di Napoli 1908 (2^a), 14, No. 1, 48. Ref. diese Zeitschr. 49, 73.

Derselbe, Sulla vera natura della pseudonefelina di Capo di Bove. Rendiconti derselben Akad. Sitzung vom 9. April 1910. Ref. diese Zeitschr. 52, 313.

Derselbe, Mineralogia vesuviana 1910, 200 u. f.

Derselbe, Appendice alla Mineralogia vesuviana 1912, 24—39. Ausz. erscheint im nächsten Hefte dieser Zeitschrift.

unzersetzte Nepheline nur jene zu betrachten, welche der von Thugutt für den Nephelin vorgeschlagenen Formel gehorchen, während alle anderen vorläufig zu vernachlässigen wären. Die meisten Analysen der wasserhellen, farblosen, frischen Nepheline führen zu Molekularverhältnissen, welche mit der Thugutt'schen Formel nicht übereinstimmen: es ist daher offenbar, daß diese Formel die chemische Zusammensetzung des Nephelins nicht darstellen kann. In der Tat behauptet Thugutt, daß das Verhältnis $Na:K$ im Nephelin konstant sein müsse. Nun ist dies keineswegs der Fall, weil jenes Verhältnis nicht unwesentliche, wenn auch häufig nicht große Schwankungen zeigt: es genügt, an den Pseudonephelin vom Capo di Bove zu denken, welcher 10,06 % K_2O enthält, um sich zu überzeugen, daß man von einem konstanten Verhältnis $Na:K$ im Nephelin nicht sprechen kann. In der sehr verwandten Davyn-Mikrosomitgruppe gibt es Glieder, welche, wie der von mir beschriebene Natrodavyn, kein Kalium enthalten; bei anderen Gliedern herrscht dagegen das Kalium über das Natrium vor.

Es ist daher zweifellos, daß der Nephelin eine feste Lösung verschiedener Verbindungen darstellt. Es ist ein Verdienst Morozewicz's¹⁾, endgültig festgestellt zu haben, daß der Nephelin eine wechselnde Zusammensetzung besitzt: wir verdanken ihm auch sehr genaue Analysen von hohem wissenschaftlichen Wert.

Was das Kalium betrifft, so meint Thugutt, daß es im Nephelin als $K_2Al_2Si_3O_{10}$ enthalten ist: Morozewicz nahm zwei Kaliumverbindungen im Nephelin, nämlich $K_2Al_2Si_3O_{10}$ und $K_2Al_2Si_2,5O_9$, an. Schon 1908 habe ich bewiesen, was Thugutt unbekannt geblieben ist, daß das K im Nephelin als Kaliophililit $KAlSiO_4$ (oder $K_2Al_2Si_2O_8$) anwesend ist, und später habe ich gezeigt, daß der Kaliophililit mit dem Nephelin homöomorph ist und daß beide zu derselben Klasse des hexagonalen Krystallsystems gehören: die erneute Untersuchung des Pseudonephelins, welcher der Formel $(Na, K)AlSiO_4$ entspricht, stellte fest, daß die beiden Silikate $NaAlSiO_4$ und $KAlSiO_4$ Mischkrystalle innerhalb weiter Grenzen bilden können, auch wenn der SiO_2 -Überschuß fehlt, welcher dem Nephelin eigen ist. Später wurde im Nephelin die Anwesenheit der Verbindung $KAlSiO_4$ von den meisten Forschern angenommen, aber es ist sicher, daß die Beziehungen zwischen Nephelin und Kaliophililit mit Sicherheit erst nach meinen Arbeiten bekannt wurden, welche das Axenverhältnis und die Symmetrie des Kaliophililit, sowie die wahre Natur des Pseudonephelins festgestellt hatten.

Weil der Pseudonephelin $(Na, K)AlSiO_4$ zu derselben Klasse wie Nephelin gehört und dieselben Winkel besitzt, so ist es klar, daß der Nephelin nur eine isomorphe Mischung von $NaAlSiO_4$ und $KAlSiO_4$ mit einem an SiO_2

1) Über die chemische Zusammensetzung des Nephelins. Bull. de l'Acad. des Sciences de Cracovie 1907, 598. Ausz. diese Zeitschr. 48, 520.

reicheren *Na*-Alumosilikat sein kann. Zu demselben Schluß kamen später auch die anderen Forscher, welche sich mit der Zusammensetzung des Nephelins beschäftigt haben. Die Abweichung besteht jetzt nur in der Formel des kiesel säurereicheren Alumosilikats. Auf Grund der Versuche Thugutt's, welcher aus Nephelin mit überhitztem Wasser Natrolith erhielt, welcher ein häufiges Umwandlungsprodukt des Nephelins ist, habe ich provisorisch für das in Frage stehende Silikat die Formel $Na_2Al_2Si_3O_{10}$ angenommen; Schaller¹⁾ hat die Albitformel $NaAlSi_3O_8$ vorgezogen, während Wallace²⁾, Foote und Bradley³⁾ usw. die Hypothese einer festen Lösung von $NaAlSiO_4$ und SiO_2 geäußert haben.

Es ist leicht zu sehen, daß die chemischen Analysen uns nicht gestatten, eine Entscheidung zu ziehen, weil die drei erwähnten Hypothesen gleich gut mit den analytischen Zahlen übereinstimmen müssen. Wenn wir aus folgenden, sorgfältigen und vor kurzem ausgeführten Analysen die beiden Silikate $KAlSiO_4$ (oder $K_2Al_2Si_2O_8$) und $CaAl_2Si_2O_8$ abziehen, so erhalten wir folgende molare Mengen:

1. Nephelin vom Monte Somma. (F. Zambonini's Appendice alla Mineralogia vesuviana S. 26.) Analyt. F. Stella Starrabba.
2. Nephelin eines Hiortdahlitführenden Nephelinmikrosyenites. (Ebenda S. 27.) Analyt. F. Stella Starrabba.

Analysen von J. Morozewicz:

3. Eläolith in Porphyrykrystallen von Mariupol.
4. » in dichten Massen » »
5. » in rötlichen Körnern » »
6. » von Miass
7. Nephelin vom Monte Somma.
8. » » » » (ein anderer Typus).
9. Nephelin vom Laacher See. Analyt. J. Uhlig⁴⁾.

	I	II	III	IV	V	IV	VII	VIII	IX
Na_2O	23,56	20,71	20,17	22,07	22,09	22,63	22,51	22,48	25,17 ⁵⁾
Al_2O_3	22,01	20,64	20,33	22,24	22,09	22,72	21,68	21,59	22,65
SiO_2	54,43	58,65	59,50	55,69	55,82	51,65	55,81	55,93	52,18

1) Die chemische Zusammensetzung des Nephelins. Diese Zeitschr. 1912, 50, 343.

2) Über die binären Systeme des Natriummetasilikats mit Lithium, Magnesium, Calcium, Strontium und Bariummetasilikat; . . . und über das Dreistoffsystem $Na_2O-Al_2O_3-SiO_2$. Zeitschr. für anorg. Chemie 1909, 63, 1. Ausz. d. Zeitschr. 51, 317.

3) On solid solution in minerals, with special reference to nephelite. Amer. Journ. Sc. 1911, 31, 25. Ausz. d. Zeitschr. 53, 625.

4) Cancrinit- und nephelinführende Auswürflinge aus dem Laacher Seegebiet. Neues Jahrb. für Min. usw. 1913, Beil. 35, 731.

5) $Na_2O + BeO$. Die kleine Natriummenge, welche dem Chlorgehalt entspricht, wurde abgezogen.

Um eine genaue Ansicht über die Zusammensetzung des Silikats zu erhalten, welches nach Abzug von $K_2Al_2Si_2O_8$ und $CaAl_2Si_2O_8$ zurückbleibt, ist es bequem, die molaren prozentischen Zusammensetzungen in einem dreiseitigen Diagramm zu projizieren, wie man es gewöhnlich in den Untersuchungen über die Dreistoffsysteme tut¹⁾. In unserem Fall sind die Komponenten Na_2O , Al_2O_3 , SiO_2 .

Die Fig. 4 Taf. IV zeigt die Lage, welche im Diagramm den neun betrachteten Analysen nach Abzug von $K_2Al_2Si_2O_8$ und $CaAl_2Si_2O_8$ zukommt.

Wie man sieht, finden sich die Reste der neun Analysen längs der Geraden, welche die zwei Punkte $Na_2Al_2Si_2O_8$ und 100 % SiO_2 verbindet, oder in deren Nähe: auf derselben Geraden liegen auch die Punkte, welche den Zusammensetzungen $Na_2Al_2Si_3O_{10}$ und $NaAlSi_3O_8$ entsprechen. Es ist daher selbstverständlich, daß man die Zusammensetzung des Natriumaluminiumsilikats des Nephelins mit derselben Genauigkeit auf Grund der drei Hypothesen $Na_2Al_2Si_2O_8 + nSiO_2 = Na_2Al_2Si_2O_8 + mNa_2Al_2Si_3O_{10} = Na_2Al_2Si_2O_8 + pNaAlSi_3O_8$ berechnen kann. Nur eine vollständige Untersuchung des Dreistoffsystems $Na_2O-Al_2O_3-SiO_2$ kann Klarheit schaffen.

Jedenfalls bietet das in der Fig. 4 wiedergegebene Diagramm ein bedeutendes Interesse. In der Tat sehen wir, daß das Natriumaluminiumsilikat des Nephelins in sechs Analysen (1—4—5—6—7—8) eine Zusammensetzung besitzt, welche ziemlich gut der Formel $Na_2Al_2Si_{2,5}O_9$ entspricht: in den Nephelinen 2 und 3 ist dieses Silikat reicher an Silicium und der Formel $Na_2Al_2Si_3O_{10}$ näher. Nur bei einem Nephelin (9) finden wir eine Zusammensetzung, welche nur relativ wenig von jener der Verbindung $Na_2Al_2Si_2O_8$ abweicht. Merkwürdig ist die Tatsache, daß das in Rede stehende Silikat im Nephelin desselben Gesteins eine verschiedene Zusammensetzung zeigen kann, wie aus den Analysen 3, 4, 5 hervorgeht, welche sich auf drei Eläolithvarietäten des Mariupolit von Mariupol beziehen. Die Analysen 4 und 5 liefern ein *Na-Al*-Silikat, welches nicht weit von $Na_2Al_2Si_{2,5}O_9$ liegt, während Analyse 3 ein solches gibt, welches ganz in der Nähe von $Na_2Al_2Si_3O_{10}$ steht. Auch am Monte Somma finden sich beide Nephelintypen.

Merkwürdig ist die Tatsache, daß das Diagramm uns mit Sicherheit zeigt, daß eine andere Verbindung (außer $(Na_2, K_2, Ca)Al_2Si_2O_8$ und $Na_2Al_2Si_xO_{2x+4}$ ($x > 2$)) oft im Nephelin enthalten ist. Fünf Analysen von neun liegen (immer nach Abzug von $(K_2, Ca)Al_2Si_2O_8$) nicht genau auf der Geraden, welche die zwei Punkte $Na_2Al_2Si_2O_8$ und $Na_2Al_2Si_3O_{10}$ verbindet; sie liegen vielmehr deutlich rechts von dieser Geraden, und die Abweichung

1) Diese in der Petrographie seit langer Zeit übliche Methode wurde vor kurzem auch in der Mineralogie eingeführt, und wurde von Sosman und Boeke bei dem Studium der Mischbarkeit der *Mg*-, *Fe*- und *Ca*-Metasilikate und der Granate benutzt.

ist in den Analysen 4, 7, 8 und 9 so bedeutend, daß sie nicht durch die unvermeidliche Unsicherheit der analytischen Bestimmungen erklärt werden kann. Die sehr einfache Erklärung der Erscheinung ist, daß im Nephelin auch die Verbindung Na_2SiO_3 ¹⁾ enthalten ist.

Aus seinen unvollständigen Versuchen über das System $Na_2O-Al_2O_3-SiO_2$ hatte Wallace geschlossen, daß das Silikat $Na_2Al_2Si_2O_8$ mit einem Überschuß von SiO_2 , $NaAlO_2$ und Al_2O_3 krystallisieren kann. Die bis jetzt bekannt gewordenen genauen Nephelinanalysen zeigen aber, daß dieses Mineral das Aluminat $NaAlO_2$ nicht enthält²⁾: auch ein Aluminiumüberschuß ist nicht zu beobachten. Ein Al -Überschuß kommt dagegen häufig in den Mineralien vor, welche ich in der Untergruppe Cancrinit (Cancrinit, Natron-davyn und Davyn-Mikrosommit) vereinigt habe. Wenn wir $\overset{I}{R_2CO_3}$, $\overset{I}{RCl}$, $\overset{I}{R_2SO_4}$ abziehen, so ist oft das Verhältnis $(\overset{I}{R_2}, Ca)O : Al_2O_3$ nicht = 4. So hat man z. B. in den Analysen des Cancrinit von Litchfield, welche Clarke und Clarke und Steiger ausgeführt haben, $(\overset{I}{R_2}, Ca)O : Al_2O_3 = 0,76 : 4$; $0,89 : 4$; $0,94 : 4$; $0,87 : 4$; am Cancrinit von Miass fand ich $0,86 : 4$. Thugutt³⁾ betrachtet ohne weiteres alle Analysen, in welchen $(\overset{I}{R_2}, Ca)O : Al_2O_3 \geq 4$ als ungenau, aber nichts berechtigt zu einem solchen Verfahren, um so mehr als die in Frage stehenden Analysen durch die Versuche Wallace's vollkommen erklärt sind. Beim Davyn hat Rauff $R : Al = 0,87 : 4$ und $0,92 : 4$ berechnet: aus einer Analyse Traube's folgt $(\overset{I}{R_2}, Ca)O : Al_2O_3 = 0,87 : 4$. Das Diagramm Fig. 4 Taf. IV zeigt auch die molare Zusammensetzung des Cancrinit und des Davyn-Mikrosommit, nach Abzug der Karbonate, Sulfate und Chloride. Die ausgewählten Analysen sind die folgenden, welche die besten unter den bis jetzt bekannten darstellen:

a) Cancrinit von Litchfield.	Analyt. F. W. Clarke.
b) » » »	» »
c) » » »	» » und G. Steiger.
d) » » Miass.	» F. Zambonini.
e) » » Brevig.	» St. J. Thugutt.
f) Davyn vom Monte Somma.	» F. Rauff (Analyse I).
g) » » » »	» » (Analyse IV).
h) » » » »	» H. Traube.
i) » » Vesuv.	» F. Zambonini.

1) Im Laacher Nephelin ist in Na_2SiO_3 das Natrium teilweise durch Be ersetzt.

2) Wäre diese Verbindung anwesend, so müßten die Analysen längs der Geraden, welche $Na_2Al_2Si_2O_8$ mit SiO_2 verbindet, aber unter dem Punkt $Na_2Al_2Si_2O_8$ liegen.

3) Zur Chemie des Cancrinit. Neues Jahrb. für Min. usw. 1944, 1, 25.

- | | | | |
|----|-----------------------------|--------------|---------------|
| l) | Natrodavyn vom Monte Somma. | Analyst. | H. Steinmetz. |
| m) | Cancrinit | » | F. Zambonini. |
| n) | » | Laacher See. | J. Uhlig. |

Ein Blick auf die Figur läßt sofort erkennen, daß Cancrinit und Davyn-Mikrosommit häufig eine größere *Al*-Menge enthalten, als jene, welche ihnen zukommen würde, wenn sie nur aus Silikaten der Formel $Na_2Al_2Si_xO_{2x+4}$ ($x \geq 2$) beständen. In den Davynen g, i, l ist auch das Aluminat $NaAlO_2$ anwesend. Der *Al*-Überschuß und die Aluminatmenge sind zu bedeutend, um sie auf analytische Fehler zurückzuführen: man kann auch nicht von Beimengungen und Umwandlungsprodukten sprechen, weil die benutzten Analysen an geeignetem Material ausgeführt wurden.

In den Mineralien der Nephelingrouppe sind also folgende Verbindungen enthalten:

- a) $Na_2Al_2Si_2O_8$.
- b) $K_2Al_2Si_2O_8$.
- c) $CaAl_2Si_2O_8$.
- d) Na_2SiO_3 .
- e) $NaAlO_2$. Diese Verbindung wurde bis jetzt bei den typischen Nephelinen nicht beobachtet.
- f) Ein *Si*-Überschuß, welcher in einer der oben angegebenen Weisen zu erklären ist.
- g) Ein *Al*-Überschuß, welcher besonders häufig in der Untergruppe Cancrinit vorkommt: er kann als Al_2O_3 oder als Al_2SiO_5 anwesend sein. Die Analysen erlauben keine Entscheidung, weil aus dem Diagramm hervorgeht, daß die analytischen Resultate ebenso gut mit der einen wie mit der anderen Hypothese zu erklären sind. Es ist aber wahrscheinlicher, daß es sich um die Verbindung Al_2SiO_5 handelt, weil $Na_2Al_2Si_2O_8$, welche die Hauptverbindung der Nephelingrouppe darstellt, aus den zwei Komponenten Na_2SiO_3 und Al_2SiO_5 besteht. Nun ist es bekannt, daß die Doppelsalze in beschränktem Maße häufig Mischkrystalle mit ihren Komponenten liefern, und es ist daher sehr wahrscheinlich, daß $Na_2Al_2Si_2O_8$ Mischkrystalle nicht nur mit Na_2SiO_3 , sondern auch mit Al_2SiO_5 gibt.
- h) In der Untergruppe Cancrinit spielen Chlor-, Sulfat- und Karbonatsilikate eine wichtige Rolle.

Vor kurzem hat Uhlig die Clarke'schen Ansichten über die Rolle des Cl , SO_4 und CO_3 in den Mineralien der Untergruppe Cancrinit, welche von Groth und vielen anderen angenommen wurde, widerlegt: er hat vorgezogen, die Existenz von Calciumchlorid, -sulfat und -karbonat in jenen Mineralien anzunehmen: diese Salze sollten mit dem Silikat Additionsverbindungen bilden. Nun muß ich bemerken, was ich übrigens schon seit Jahren

betont habe, daß die Existenz solcher Additionsprodukte unmöglich ist, weil das Verhältnis Silikat : Karbonat (Chlorid, Sulfat) sehr wechselnd ist, sodaß es sich jedenfalls um feste Lösungen von Chloriden, Sulfaten und Karbonaten im Silikat handeln würde. Bis jetzt wurden Cl , SO_4 , CO_3 dem Natrium und dem Kalium, und nur untergeordnet dem Ca verbunden: Uhlig tut genau das Gegenteil, aber ohne zureichenden Grund. Die Existenz von *Na*-Cancriniten (Lemberg), sowie die Mineralien der Sodalithgruppe zeigen, daß Cl , CO_3 und SO_4 an Natrium bzw. an Kalium gebunden sein müssen, um so mehr, als das Calcium im Cancrinit und im Davyn-Mikrosommit immer dem *Na* und dem *K* gegenüber untergeordnet ist. Ferner ist es zweifellos, daß das Calcium oft vollständig, in den anderen Fällen zum größten Teil, als $CaAl_2Si_2O_8$ anwesend ist: N. L. Bowen hat beweisen können, daß $Na_2Al_2Si_2O_8$ Mischkrystalle mit $CaAl_2Si_2O_8$ liefert, welche selbst 7 % CaO enthalten¹⁾.

Augit.

Die unter dem Namen Augit bezeichneten monoklinen Pyroxene, welche vom chemischen Standpunkt aus durch einen wechselnden Gehalt von Aluminium und dreiwertigem Eisen charakterisiert sind, kommen bekanntlich sehr häufig und reichlich vor, so daß die an den verschiedensten Lokalitäten und in mannigfachen Gesteinen gefundenen Krystalle dieser Pyroxene Gegenstand chemischer Untersuchungen wurden. Die bis jetzt veröffentlichten Augitanalysen sind sehr zahlreich, und es liegen nahezu 200 vor, welche an frischem und reinem Material mit der nötigen Vollständigkeit ausgeführt wurden und für das Studium der chemischen Zusammensetzung des Augit mit Vorteil benutzt werden können. Wenn die beträchtliche Anzahl guter Analysen, über welche wir verfügen, uns auch erlaubt hat, die Grenzen der Schwankungen der chemischen Zusammensetzung dieses Minerals ziemlich genau festzustellen, müssen wir doch zugestehen, daß kein wirklicher Fortschritt in der Interpretation der analytischen Resultate erreicht wurde, und daß die geäußerten Hypothesen sehr willkürlich und ohne experimentelle Grundlage erscheinen.

Die schwache Seite unserer Kenntnis über die Konstitution der Augite besteht in der Schwierigkeit, die Rolle des Aluminiums und des dreiwertigen Eisens in diesen Mineralien sicher festzustellen.

1) Uhlig schreibt, daß ich die Meinung geäußert hätte, daß die höheren SiO_2 -Werte, welche an einigen Cancriniten gefunden wurden, nur die Folge von Analysenfehlern, Beimengungen usw. sind. Ich habe aber ganz anders geschrieben: »Weil es aber nicht wahrscheinlich ist, daß der Siliciumüberschuß in den Analysen von Rauff und in den anderen von Clarke bzw. Clarke und Steiger ausschließlich Beimengungen im analysierten Material zuzuschreiben ist, so müssen wir unter den unter dem Namen Cancrinit vereinigten Mineralien die Existenz von Gliedern annehmen, in welchen $SiO_2 : Al_2O_3 = 2$ ist, und die durch Zwischenstufen mit anderen verbunden sind, in welchen $SiO_2 : Al_2O_3 > 2$ ist«. (Contributo allo studio dei silicati idrati S. 52.)

Während langer Zeit wurde das Aluminium in den Pyroxenen als etwas Akzessorisches und Zufälliges betrachtet, aber seitdem einwandfrei gefunden wurde, daß es einen normalen Bestandteil der Augite darstellt, entstand die Notwendigkeit, uns über dessen Anwesenheit Rechenschaft zu geben. Rammelsberg¹⁾ äußerte die Hypothese, daß Aluminium und Ferri-
eisen in den Augiten als $Al_2(SiO_3)_3$ und $(Fe, Al)_2O_3$ enthalten sind: er nahm die Möglichkeit von Mischkrystallen von $(Al, Fe)_2O_3$ mit R_2SiO_3 an. Tschermak²⁾ folgerte auf Grund von fünf Analysen Rammelsberg's und einer Wedding's, daß in den dreiwertige Elemente enthaltenden Augiten $Ca < Mg + Fe$ ist, während die Pyroxene ohne Al und Fe $Ca = Mg + Fe$ zeigen. Tschermak glaubte, daß das über das Verhältnis $Ca = Mg + Fe$ überschüssige Magnesium mit dem Aluminium verbunden ist, um das Silikat $MgAl_2SiO_6$ zu bilden.

Die Ansichten Tschermak's wurden allgemein angenommen, aber bald darauf begannen die Schwierigkeiten. Auf Grund seiner analytischen Untersuchungen über zahlreiche Augite stellte Doelter³⁾ fest, daß die Tschermak'sche Hypothese unzureichend war, und daß die Augite außer dem Diopsid-Hedenbergsilikate und dem Tschermak'schen Silikate noch zahlreiche andere Verbindungen, wie z. B. $NaAl(SiO_3)_2$, $CaAl_2SiO_6$, $Na_2Al_2SiO_6$, $Na_2Fe_2SiO_6$, $CaSiO_3$, $FeAl_2SiO_6$, $FeFe_2SiO_6$, $NaFe(SiO_3)_2$ enthalten. Später zeigte sich Cohen⁴⁾ geneigt, in den Pyroxenen auch das Silikat $MgAl_2(SiO_4)_3$ anzunehmen, und neuerdings wurden in den Berechnungen von Augitanalysen noch andere Verbindungen eingeführt.

Jedenfalls war es aber immer das Tschermak'sche Silikat, in seiner allgemeinen Form R_2SiO_6 ($R = Ca, Mg, Fe, Mn, Na_2$; $R = Al, Fe, Cr$) geschrieben, welches man als Grundlage der Deutung der chemischen Zusammensetzung der Augite benutzte, ohne zu bemerken, daß die chemischen Analysen uns nicht erlauben, zwischen den Hypothesen von Rammelsberg und von Tschermak zu entscheiden, weil sie vom quantitativen Standpunkt aus vollkommen gleichwertig sind. In der Tat besteht die Gleichung $RR_2SiO_6 = RSiO_3 + R_2O_3$. Schon 1880 wies A. Piccini⁵⁾ auf die Tat-

1) Vgl. Handbuch der Mineralchemie 1873, 1, 378.

2) Über Pyroxen und Amphibol. Min. Mitt. 1871, 1, 31.

3) Über die Konstitution der Pyroxengruppe. Min. Mitt. 1879, 2, 179. Ref. diese Zeitschr. 5, 284. — Über einige Augite von bemerkenswerter Zusammensetzung. Tschermak's min. Mitt. 1883, 5, 224. Ref. diese Zeitschr. 10, 106.

4) Über Jadeit von Thibet. Neues Jahrb. für Min., Geol. usw. 1884, 1, 71. Ref. diese Zeitschr. 10, 302.

5) Analisi di un'augite del Lazio. Transunti R. Accad. Lincei 1880 (3^a), 4, 224.

sache hin, daß eine Analyse, welche den Tschermak'schen Typen entspricht, der Formel Rammelsberg's notwendig ebenso entsprechen muß, aber die sehr richtige Bemerkung Piccini's blieb unbeachtet, und Piccini wurde selbst vorgeworfen, die über die Frage veröffentlichte Arbeit nicht genau verstanden zu haben¹⁾! Piccini zeigte ferner, daß nicht nur seine eigene Analyse, sondern auch einige der von Doelter als Bestätigung der Tschermak'schen Hypothese veröffentlichten sich nicht gut mit den von Tschermak angenommenen Silikaten berechnen ließen: dies war übrigens häufig der Fall.

Die Versuche, das Tschermak'sche Silikat synthetisch darzustellen, blieben erfolglos, indem Doelter niemals die vollständige Krystallisation von Silikaten RR_2SiO_6 unter Augitform erhalten konnte. Nur bei Anwesenheit des Diopsidsilikats erhielt Doelter homogene Schmelzmassen, aber ihre Krystalle erwiesen sich häufig als rhombisch, und es wurde nie durch die Spaltbarkeit usw. gezeigt, daß es sich um Pyroxene handelte. Vor einigen Jahren stellte J. Morozewicz²⁾ monokline Krystalle mit pyroxenartiger Spaltbarkeit $((110):(1\bar{1}0) = 92^\circ)$ dar, welche er als aus 23 % Metasilikaten und 73 % Tschermak'schen Silikaten bestehend betrachtete. In dem vorläufigen Berichte über das Dreistoffsystem $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ erwähnen E. S. Shepherd und G. A. Rankin³⁾ eine Verbindung $CaAl_2SiO_6$ nicht. Man darf ferner nicht vergessen, daß die Zusammensetzung der von Morozewicz und Doelter erhaltenen Krystalle in verschiedener Weise interpretiert werden kann, so daß jene Krystalle nicht als Beweis der Richtigkeit der Tschermak'schen Hypothese über die Konstitution der Pyroxene angeführt werden können.

Vor kurzem hat H. E. Boeke⁴⁾ in sehr eleganter Weise die Frage der Konstitution der natürlichen Augite zu lösen versucht. Wenn man als Augitkomponenten SiO_2 , CaO , $(Mg, Fe, Mn)O$ und $(Al, Fe, Cr)_2O_3$ annimmt, so ist

1) C. Doelter, die chemische Zusammensetzung der Augite. Tschermak's min. Mitt. 1884, 3, 450. Doelter meinte, daß die Bemerkungen Piccini's wertlos wären, weil man an den Al und Fe enthaltenden Pyroxenen $Ca < Mg + Fe$ hat, während in den anderen $Ca = Mg + Fe$ ist. Abgesehen von der Tatsache, daß sich dies, wie schon Rammelsberg (Handbuch der Mineralchemie 1875, 412) eingewendet hatte und Doelter selbst später erkannte, nicht immer bewährt, ist es zweifellos, daß die quantitative Zusammensetzung des typischen Tschermak'schen Silikats $MgAl_2SiO_6$ der Summe $MgSiO_3 + Al_2O_3$ gleich ist. Doelter selbst erkannte später, daß die Ansicht Rammelsberg's nicht ganz widerlegt erscheint. (Zur Synthese des Pyroxens. Neues Jahrb. für Min. usw. 1884, 2, 52. Ref. diese Zeitschr. 11, 77.)

2) Experimentelle Untersuchungen über die Bildung der Minerale im Magma. Tschermak's min. u. petr. Mitt. 1899, 18, 116. Ausz. diese Zeitschr. 33, 495.

3) Zeitschr. f. anorg. Chemie 1911, 71, 19. Ausz. diese Zeitschr. 54, 508.

4) Diese Zeitschr. 1914, 53, 445.

die Zusammensetzung eines Augits durch einen Punkt in einem Tetraëder eindeutig dargestellt, in dessen Eckpunkte die vier Komponenten eingetragen werden. Dieses ist die Methode, welche in den thermischen Analysen der vierstoffigen Systeme angewendet wird: sie wurde von F. A. H. Schreinemakers und N. Parravano erläutert.

Boeke hat 163 Analysen berechnet, welche meist an genügend reinem und frischem Material ausgeführt wurden, so daß sie eine feste Grundlage für die Untersuchung der chemischen Zusammensetzung der Augite bieten. Wenn diese Mineralien wirklich, wie es Tschermak angenommen hat, aus den zwei Silikaten $Ca(Mg, \overset{II}{Fe}, Mn)(SiO_3)_2$ und $Mg(Al, \overset{III}{Fe}, \overset{III}{Cr})_2SiO_6$ bestehen, so ist offenbar, daß alle Analysen auf der Geraden liegen müssen, welche die zwei Punkte verbinden, welche dem Diopsid und dem Tschermakschen Silikat entsprechen. Auf Grund seiner Untersuchungen hat Boeke gezeigt, daß dies mit Ausnahme der wenigen von Tschermak benutzten Analysen nicht zutrifft, so daß die Wahl des Silikats $MgAl_2SiO_6$ als Augitkomponente, auch abgesehen von der unzureichenden Begründung, als eine nicht glückliche bezeichnet werden muß. Die Schlußfolgerung Boeke's ist folgende:

»Der tonerdehaltige monokline Augit ist im wesentlichen ein Mischkrystall der Komponenten SiO_2 , CaO , $(Mg, Fe)O$ und $(Al, Fe)_2O_3$, dessen Sättigungsgrenze in der Tetraëderdarstellung einen Körper von der Gestalt einer unten keilförmig abgeflachten Birne ergibt, mit der Längsrichtung ungefähr parallel der Verbindungslinie Diopsid-Estatit.«

Die von Boeke erhaltenen Resultate sind zweifellos richtig, aber sie sind nicht geeignet, unsere Kenntnisse über die wahre Natur der Augite fortschreiten zu machen, wenigstens wenn sie ohne weitere Diskussion angenommen werden. In der Tat, wenn wir sagen, daß die Augite Mischkrystalle der oben genannten Bestandteile darstellen, deren Mengen innerhalb der Grenzen wechseln, welche von den extremen beobachteten Zusammensetzungen angegeben sind, so beschränken wir uns darauf, einfach die Analysenzahlen, ohne irgend einen Erklärungsversuch, auszudrücken. Wenn wir ferner mit dem Ausdruck »Mischkrystalle der Bestandteile SiO_2 , CaO , $(Mg, Fe)O$, $(Al, Fe)_2O_3$ « angeben wollten, daß die Augite wirklich aus jenen vier Oxyden in wechselnder Menge bestehen, so würde man sicherlich in einen Irrtum verfallen, weil es zweifellos ist, daß das Diopsid- und das Hedenbergsilikat im Augit enthalten sind. Zwischen dem typischen Diopsid und den eigentlichen Augiten, welche einen bedeutenden Al - und $\overset{III}{Fe}$ -Gehalt zeigen, gibt es alle möglichen Zwischenglieder: es ist bekannt, daß es häufig schwierig und willkürlich ist, festzustellen, ob es sich um einen Augit oder noch um einen Diopsid handelt. Selbst einige der von Boeke berechneten Analysen (z. B. 34, 35, 36, 37) beziehen sich auf Mineralien, welche ge-

wöhnlich als Diopsid oder Hedenbergit betrachtet werden: es ist auch seit langer Zeit bekannt, daß selbst die reinsten, natürlichen Diopside immer dreiwertige Elemente, obwohl häufig in kleiner Menge, enthalten. Es ist daher sicher, daß die Augite Mineralien der Diopsid-Hedenbergitreihe darstellen, welche eine oder mehrere $Al-Fe^{III}-Cr$ -Verbindungen in fester Lösung enthalten, deren Natur uns noch unbekannt ist.

Was den Diopsid betrifft, so kann seine Zusammensetzung nicht mehr durch die Formel $CaMg(SiO_3)_2$ ausgedrückt werden. Die grundlegenden Arbeiten Wahl's, welche die isolierten, unbeachtet gebliebenen Beobachtungen seines Vorgängers bestätigt und ausgedehnt haben, haben die Verbreitung von Diopsiden und diopsidischen Augiten (d. h. Augiten mit geringen Mengen dreiwertiger Elemente) festgestellt, welche einen höheren $MgSiO_3$ -Gehalt besitzen, als die Formel $CaMg(SiO_3)_2$ verlangt. Die Untersuchungen von E. T. Allen und P. White haben die Mischbarkeit von Diopsid und $MgSiO_3$ bewiesen, so daß die Diopsidformel $CaMg(SiO_3)_2 \cdot nMgSiO_3$ zu schreiben ist.

Die Abhandlung Boeke's zeigt die vollständige Unhaltbarkeit der ursprünglichen Hypothese Tschermak's, nach welcher die Augite aus den beiden Verbindungen $Ca(Mg, Fe)(SiO_3)_2$ und $MgAl_2SiO_6$ bestehen sollten. Aber in dieser ursprünglichen Form ist die Hypothese Tschermak's seit langer Zeit verlassen, und ihre Unzulänglichkeit wurde ebenfalls schon vor 30 Jahren erkannt. Die Studien Boeke's lassen die Frage offen, ob die Ansicht Tschermak's in ihrer erweiterten Form, nach welcher die Augite aus den Verbindungen $Ca(Mg, Fe)SiO_3 \cdot n(Mg, Fe)SiO_3$, $(Mg, Fe)(Al, Fe)_2SiO_6$ und $Ca(Al, Fe)_2SiO_6$ bestehen sollten, eine Gültigkeit besitzt oder nicht. Diese jetzige Form der Hypothese Tschermak's und nicht die andere, definitiv überholte, müssen wir in Betracht ziehen, um festzustellen, ob sie mit den Resultaten der Analysen übereinstimmt. Eine solche Untersuchung ist um so mehr nötig, als die Projektionen Boeke's zeigen, daß die modifizierte Hypothese Tschermak's innerhalb nicht weiter Grenzen mit zahlreichen Augitanalysen in Übereinstimmung ist.

Ich hatte den wahren Wert der Tschermak'schen Ansicht in ihrer jetzigen Form schon vor der Veröffentlichung der Abhandlung Boeke's in einer sehr einfachen Weise kontrolliert. Entspricht wirklich die chemische Zusammensetzung der Augite der modifizierten Tschermak'schen Formel, so ist es offenbar, daß wir in allen Analysen $SiO_2 : (Ca, Mg, Fe, Mn)O = 4 : 1$ erhalten müssen. Es ist sehr leicht zu prüfen, ob diese Bedingung erfüllt wird.

Ich hatte etwa 30 Analysen berechnet, aber die Arbeit Boeke's hat mir erlaubt, meine Prüfung zu erweitern, weil er die molare, prozentische Zusammensetzung von 163 Analysen berechnet hat. Auf Grund der Zahlen Boeke's, welche mit den von mir an den unabhängig berechneten Analysen erhaltenen übereinstimmen, habe ich folgendes gefunden:

Zahl der Analyse	$SiO_2 + TiO_2$	$(Ca, Mg, Fe, Mn)O$	Zahl der Analyse	$SiO_2 + TiO_2$	$(Ca, Mg, Fe, Mn)O$
1	53,0	42,90	48	49,95	40,95
2	48,4	46,15	49	51,6	47,15
3	48,6	48,90	50	49,35	45,50
4	47,9	48,60	51	50,7	42,55
5	50,4	46,2	52	49,6	45,0
6	44,2	47,1	53	48,1	45,7
7	48,6	48,35	54	49,75	44,45
8	48,95	49,15	55	49,75	48,5
9	47,75	50,25	56	47,25	49,35
10	49,1	48,40	57	47,95	49,8
11	51,2	46,65	58	49,4	48,55
12	47,45	48,0	59	48,45	48,65
13	49,7	47,45	60	48,6	48,05
14	48,15	45,05	61	50,2	48,2
15	53,6	41,75	62	48,85	50,45
16	46,6	48,7	63	47,3	48,75
17	45,8	47,95	64	47,9	51,2
18	47,7	47,30	65	49,1	50,20
19	49,4	48,20	66	47,05	52,05
20	49,55	48,1	67	48,35	50,5
21	50,0	45,20	68	48,35	50,5
22	51,8	44,60	69	48,7	47,3
23	45,9	46,8	70	47,8	46,15
24	48,6	47,45	71	45,85	47,5
25	47,95	46,05	72	49,35	46,45
26	48,55	47,65	73	47,9	49,75
27	47,1	47,75	74	51,0	46,30
28	45,45	47,1	75	50,4	47,9
29	47,5	47,8	76	49,9	47,45
30	47,5	48,25	77	50,3	48,85
31	44,1	48,20	78	51,6	42,85
32	44,1	47,30	79	55,3	43,5
33	43,8	47,85	80	45,4	47,75
34	49,8	49,25	81	48,85	47,75
35	48,45	50,55	82	56,5	37,6
36	49,15	49,45	83	50,3	46,8
37	48,55	50,3	84	49,0	49,85
38	45,7	49,85	85	52,4	43,95
39	42,6	45,55	86	48,25	47,5
40	41,7	40,35	87	47,75	46,9
41	43,85	48,75	88	51,9	46,35
42	45,25	48,85	89	47,1	48,10
43	45,0	45,80	90	45,85	48,90
44	48,1	46,05	91	46,8	49,45
45	45,3	42,5	92	49,8	48,50
46	47,5	36,55	93	46,65	45,7
47	48,05	49,6	94	46,4	46,9

Zahl der Analyse	$\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2$	$(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})\text{O}$	Zahl der Analyse	$\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2$	$(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})\text{O}$
95	50,3	44,6	130	48,9	48,90
96	46,85	46,40	131	46,95	47,4
97	47,9	49,95	132	47,35	44,30
98	50,0	48,3	133	45,75	48,35
99	48,7	39,5	134	48,35	45,95
100	51,3	42,15	135	48,4	46,1
101	45,6	47,05	136	48,55	49,45
102	50,05	47,05	137	48,5	49,50
103	49,6	46,05	138	45,65	45,2
104	50,0	49,45	139	50,25	44,70
105	50,0	46,60	140	52,7	44,55
106	48,7	46,5	141	49,05	47,90
107	48,2	47,45	142	51,0	48,0
108	51,7	43,75	143	49,15	48,85
109	48,8	47,85	144	49,25	43,40
110	46,35	49,0	145	48,85	43,6
111	48,5	48,70	146	48,75	46,25
112	48,3	48,7	147	49,8	47,1
113	47,5	45,5	148	49,65	48,65
114	46,95	50,60	149	47,9	49,8
115	48,55	46,05	150	48,4	48,35
116	48,8	48,05	151	47,95	47,7
117	52,4	44,75	152	49,35	48,5
118	46,8	41,85	153	46,9	50,35
119	50,2	48,1	154	49,85	47,25
120	50,5	44,7	155	50,1	48,65
121	50,1	49,75	156	49,8	46,4
122	49,7	49,0	157	50,5	47,3
123	49,2	44,75	158	50,4	47,25
124	50,6	41,6	159	47,9	46,05
125	48,6	47,90	160	49,7	45,40
126	55,1	41,9	161	51,4	43,10
127	48,95	46,25	162	49,1	47,20
128	47,8	50,20	163	49,45	47,1
129	47,25	48,05			

Die vorstehende Tabelle zeigt sehr klar, daß die chemische Zusammensetzung der Augite durch die modifizierte Tschermak'sche Hypothese nicht genau darstellbar ist: jene Hypothese muß also definitiv verlassen werden. Nur zwei Analysen (Nr. 36 und 130) erfüllen genau die Bedingungen, welche jene Hypothese verlangt: man muß aber zugestehen, daß der Unterschied zwischen den molaren Mengen von SiO_2 und RO verhältnismäßig klein ist, sodaß er in manchen Fällen durch die unvermeidlichen analytischen Fehler erklärt werden kann. Meist aber handelt es sich um zu starke Abweichungen, um sie als zufällig betrachten zu können. Eine

Prüfung der Werte von $SiO_2 + TiO_2$ und von $(Ca, Mg, Fe, Mn)O$ zeigt, daß die molare SiO_2 -Menge häufig die Menge der RO -Oxyde übertrifft, was beweist, daß die Augite außer den Metasilikaten der zweiwertigen Elemente noch Silikate der dreiwertigen Bestandteile oder Doppelsalze beider Gruppen von Elementen enthalten müssen. Häufig ist aber die molare $(Ca, Mg, Fe, Mn)O$ -Menge größer als jene von SiO_2 : dann bleiben die Al - und Fe -Oxyde wegen Mangel an SiO_2 frei, sowie auch ein Teil der Oxyde der zweiwertigen Elemente. Diese Tatsache läßt sehr wahrscheinlich erscheinen, daß ein Aluminat in solchen Augiten enthalten ist.

Die angestellten Versuche über die Gültigkeit der modifizierten Hypothese Tschermak's hat zwar zu interessanten Schlüssen über die Konstitution der Augite geführt, die Natur des Al -(Fe -)Silikats oder des Alumo-(Ferri-)Silikats der zweiwertigen Elemente, sowie jene des Aluminats, bleibt aber noch unbekannt. Diese Frage ist nicht leicht zu lösen, weil man durch geeignete Mengen der verschiedensten Verbindungen dieselben prozentischen Zusammensetzungen erhalten kann. In den Fällen wie jener, welcher uns interessiert, ist die graphische Darstellung sehr bequem, welche uns gestattet, eine allgemeine Ansicht über die Beziehungen zu gewinnen, welche zwischen den verschiedenen Analysen stattfinden.

Vor der Veröffentlichung der Abhandlung Boeke's hatte ich mich schon entschlossen, in den Augiten nur die drei Bestandteile $SiO_2 + TiO_2 - (Al, Fe, Cr)_2O_3 - (Ca, Mg, Fe, Mn)O$ anzunehmen, d. h. zu einem gewöhnlichen Dreistoffsystem zurückzukehren, dessen graphische Darstellung viel einfacher als jene der quaternären Systeme ist. In der Tat hat, nachdem wir gezeigt haben, daß die Hypothese Tschermak's, selbst in ihrer modifizierten Form, keine Gültigkeit besitzt, die Trennung des Calciums vom Magnesium in den Rechnungen ihre Wichtigkeit verloren; übrigens zeigen die sehr starken Schwankungen dieser Elemente, daß sie sich untereinander innerhalb weiter Grenzen isomorph ersetzen können¹⁾.

Fig. 2 Taf. IV stellt das vollständige Diagramm dar; Fig. 3 zeigt in größerem Maßstabe nur jenen Teil, welcher die Augitanalysen enthält. Aus beiden Figuren geht hervor, daß die Augitanalysen sich um den Punkt sammeln, welcher der Verbindung $RSiO_3$ (von welcher der Diopsid ein Spezialfall ist) entspricht. Man findet bestätigt, was übrigens schon aus der Diskussion der Analysen hergeleitet worden war, daß die Augite keine Mischkrystalle von $RSiO_3$ und RR_2SiO_6 , noch auch von $RSiO_3$ und R_2O_3

1) Selbst im Diopsid ist der Mg -Gehalt wechselnd, wie wir schon gesehen haben. In den von Boeke berechneten 163 Analysen schwankt die molare CaO -Menge zwischen 6,45 und 33,4 %.

sein können. Man kann sagen, daß die berechneten 163 Augitanalysen in einem Dreieck liegen, welches als Ecken die Punkte $\overset{\text{II}}{R}\overset{\text{II III}}{SiO_3}$, $\overset{\text{II III}}{R}\overset{\text{II}}{R_2O_4}$ und $\overset{\text{III}}{R_2}(\overset{\text{II}}{SiO_3})_3$ hat: genauer sammeln sie sich in der Nähe der Ecke $\overset{\text{II}}{R}\overset{\text{II III}}{SiO_3}$. Außerhalb des so begrenzten Feldes finden sich nur sehr wenige Analysen: für einige unter ihnen (9, 37, 65, 128, 153, 82, 49) ist die Abweichung so klein, daß sie durch kleine analytische Fehler oder kleine Beimengungen erklärt werden kann. Jenseits der Geraden $\overset{\text{II}}{R}\overset{\text{II III}}{SiO_3} - \overset{\text{III}}{R_2}(\overset{\text{II}}{SiO_3})_3$ liegen nur die zwei Analysen 79 und 126. Erstere wurde von Yoshida am Augit aus dem Augit-Olivinandesit vom Berge Yoncyama (Japan) ausgeführt; die zweite stellt nach Rosenbusch¹⁾ die Zusammensetzung des diopsidischen Pyroxens des Shonkinit vom Katzenbuckel dar. Beide Analysen, welche an aus Gesteinen isoliertem Material angestellt wurden, sind sehr wahrscheinlich ungenau.

Jenseits der Geraden $\overset{\text{II}}{R}\overset{\text{II III}}{SiO_3} - \overset{\text{II III}}{R}\overset{\text{II}}{R_2O_4}$ liegen deutlich die sieben Analysen 35, 62, 64, 66, 67, 68, 114. Die Analyse 35, von Doelter ausgeführt, bezieht sich auf einen Diopsid mit zersetzten Partien; 62, 64, 66, 67, 68 wurden von Heddle an Pyroxenen ausgeführt, welche aus schottischem Kalk und Gabbro stammen: wie es für andere Analysen Heddle's der Fall ist, so war wahrscheinlich das benutzte Material nicht rein. 114 stellt nach Rammelsberg die Zusammensetzung des Augit der vesuvischen Lava von 1857 dar: die Bestimmung des dreiwertigen Eisens fehlt, und Rammelsberg²⁾ selbst hat diese Analyse von seinen Berechnungen ausgeschlossen. Wie man sieht, sind die wenigen Analysen (5 %), welche nicht in den angegebenen Grenzen liegen, ohne Bedeutung: jedenfalls ist ihre prozentische Menge zu vernachlässigen.

Die meisten Augitanalysen bilden also eine Häufung, welche von $\overset{\text{II}}{R}\overset{\text{II III}}{SiO_3}$ ausstrahlt: fast alle liegen in den zwei, in der Fig. 3 gezeichneten Dreiecken: $\overset{\text{II}}{R}\overset{\text{II III}}{SiO_3} - A - B$ und $\overset{\text{II}}{R}\overset{\text{II III}}{SiO_3} - B - C$. Das erste Dreieck enthält zwei Drittel, das zweite Dreieck nur ein Drittel der berechneten Analysen. Es war mir nicht möglich, eine allgemeine Beziehung zwischen der Zugehörigkeit zu dem einen oder dem anderen Dreieck und den Bildungsbedingungen zu finden.

Die molare Zusammensetzung der drei Punkte A, B, C ist folgende:

	$SiO_2 + TiO_2$	$\overset{\text{III}}{R_2O_3}$	$\overset{\text{II}}{RO}$
A	54,75	4,75	40,5
B	45,2	9,6	45,2
C	42,5	7,5	50,0

1) Elemente der Gesteinslehre 1910, 201, Nr. 3.

2) Handbuch der Mineralchemie 1875, 411.

Außerhalb des von diesen Punkten und $\overset{\text{II}}{R}\text{SiO}_3$ begrenzten Feldes liegen, wenn wir von den wenigen, wahrscheinlich unrichtigen und daher vernachlässigten Analysen absehen, nur die Analysen 82, 124, 48, 118, 45, 99, 46, 40, 39, 33. Letztere ist von der Geraden BC nur sehr wenig entfernt: die anderen Analysen stellen eigentümliche Augittypen dar, welche durch ihre chemische Zusammensetzung von den häufigeren und gemeineren Augiten scharf unterschieden sind. Merkwürdig ist die Tatsache, daß vier (39, 40, 45, 46) unter den neun Augiten mit eigentümlicher Zusammensetzung in Gesteinen oder in den Auswurfsblöcken der Vulkane der Capverdischen Inseln gefunden wurden.

Es schien mir nutzlos, die molaren Zusammensetzungen zu berechnen, welche den Grenzpunkten entsprechen, die im Diagramm auszuwählen sind, um auch diese wenigen, speziellen Analysen zu enthalten, weil neue Analysen diese extremen Zusammensetzungen wahrscheinlich noch verschieben können: es war nach meiner Ansicht dagegen wichtiger, die Grenze, innerhalb welcher die chemische Zusammensetzung der meisten Augite schwankt, festzustellen.

Die Fig. 2 und 3 gestatten uns, eine nähere Ansicht über die Verbindungen zu gewinnen, aus welchen die Augite sehr wahrscheinlich bestehen. Diese Mineralien können tatsächlich aus folgenden Bestandteilen bestehen:

- a) aus Metasilikaten $\overset{\text{II}}{R}\text{SiO}_3$ (Diopsid-Hedenbergit $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})(\text{SiO}_3)_2$ und seine Bestandteile CaSiO_3 und vor allem $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})\text{SiO}_3$;
- b) aus dem Aluminat $\overset{\text{II III}}{R}\text{R}_2\text{O}_4$ oder aus einer Verbindung $\overset{\text{II}}{R}\text{SiO}_3 \cdot \overset{\text{II III}}{n}\text{RR}_2\text{O}_4$;
- c) aus dem Silikat $\overset{\text{III}}{R}_2(\text{SiO}_3)_3$ oder aus einer Verbindung $\overset{\text{II}}{R}\text{SiO}_3 \cdot \overset{\text{III}}{n}\text{R}_2(\text{SiO}_3)_3$.

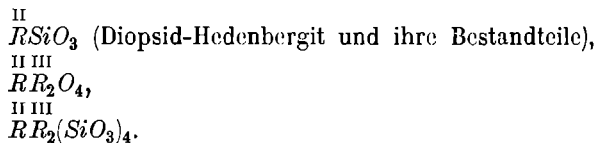
Die nach dem von Tschermak vorgeschlagenen Typus zusammengesetzten Silikate sind vollkommen überflüssig.

Die chemischen Analysen allein können uns nichts weiter über die Bestandteile b) und c) sagen. Auf der Geraden $\overset{\text{II}}{R}\text{SiO}_3 - \overset{\text{II III}}{RR}_2\text{O}_4$ sind die zwei Verbindungen $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (Gehlenit) und $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ (vor kurzem von Shepherd und Rankin dargestellt) bekannt: es ist sehr wenig wahrscheinlich, daß die eine oder die andere mit $\overset{\text{II}}{R}\text{SiO}_3$ Mischkrystalle vom Pyroxentypus liefert. Es ist viel wahrscheinlicher, daß der Bestandteil b) des Augit das Aluminat $\overset{\text{II III}}{RR}_2\text{O}_4$ ist.

Was c) betrifft, so müssen wir bemerken, daß man im Babingtonit gewöhnlich die Anwesenheit von $(\overset{\text{III}}{\text{Fe}}, \overset{\text{III}}{\text{Al}}, \overset{\text{III}}{\text{Mn}})_2(\text{SiO}_3)_3$ annimmt, und wir werden sehen, daß wir zu demselben Schluß für die Enstatit-Hypersthenreihe kommen werden. Es wäre daher ziemlich berechtigt, diese Verbindung als dritten Bestandteil der Augite zu betrachten.

Wir müssen aber noch eine andere Hypothese in Betracht ziehen, welche sehr plausibel erscheint. Auf der Geraden $\overset{\text{II}}{R}\overset{\text{III}}{SiO_3} - \overset{\text{III}}{R_2}(\overset{\text{III}}{SiO_3})_3$ liegt die Verbindung $\overset{\text{II III}}{RR_2}(\overset{\text{III}}{SiO_3})_4$, welche das dem Jadeit $\overset{\text{III}}{NaAl}(\overset{\text{III}}{SiO_3})_2$ und dem Ägirin $\overset{\text{III}}{NaFe}(\overset{\text{III}}{SiO_3})_2$ entsprechende *Ca-Mg-Salz* darstellt. Bekanntlich sind Jadeit und Ägirin dem Augit krystallographisch sehr ähnlich: beide und besonders der Ägirin geben Mischkrystalle mit den Augiten. Die Verbindung $\overset{\text{II III}}{RR_2}(\overset{\text{III}}{SiO_3})_4$ wurde bis jetzt in freiem Zustande noch nicht gefunden; ihre Anwesenheit in manchen Jadeiten ist aber unzweifelhaft. S. L. Penfield hat gezeigt, daß eine isomorphe Vertretung des *Na* durch *Ca*, *Mg*, *Fe* im Jadeit stattfindet, sodaß er die Formel dieses Minerals $(\overset{\text{II III}}{Na_2, Ca, Mg, Fe})\overset{\text{II}}{Al_2}(\overset{\text{III}}{SiO_3})_4$ schreibt. F. W. Clarke meint ferner, daß der Jadeit eine isomorphe Mischung von eigentlichem Jadeit $\overset{\text{III}}{NaAl}(\overset{\text{III}}{SiO_3})_2$ und von »Pseudojadeit« $(\overset{\text{II III}}{Ca, Mg, Fe})\overset{\text{II}}{Al_2}(\overset{\text{III}}{SiO_3})_4$ darstellt. Die Pseudojadeitmenge, welche bisweilen im Jadeit enthalten ist, kann sehr bedeutend sein. Auf Grund dieser, am Jadeit gewonnenen Resultate, müssen wir als sehr wahrscheinlich betrachten, daß der Bestandteil c) der Augite der Formel $\overset{\text{II III}}{RR_2}(\overset{\text{III}}{SiO_3})_4$ entspricht.

Fassen wir das Gesagte zusammen, so können wir die Augite als aus folgenden Bestandteilen bestehend betrachten:



Die letztere Verbindung ist in den Augiten nie in sehr beträchtlicher Menge enthalten. Die Fig. 3 zeigt, daß fast alle Augitanalysen rechts der Geraden liegen, welche die beiden Punkte $\overset{\text{II}}{R}\overset{\text{III}}{Al_2}O_4$ und *A* verbindet. Wenn wir von den vier oder fünf Analysen absehen, welche links der genannten Geraden liegen und ganz spezielle Varietäten darstellen, so ergibt sich, daß der Punkt *A* der größten Konzentration an $\overset{\text{II III}}{RR_2}(\overset{\text{III}}{SiO_3})_4$ entspricht. Nun ist die Zusammensetzung des Punktes *A* $7,55\overset{\text{II}}{R}\overset{\text{III}}{SiO_3} + \overset{\text{II III}}{RR_2}(\overset{\text{III}}{SiO_3})_1$; bei den meisten Augitanalysen ist die »Pseudojadeit«-Menge viel kleiner.

Wir haben schon gesehen, daß die Silikate $\overset{\text{II III}}{RR_2}\overset{\text{III}}{SiO_6}$ ganz überflüssig werden; ihre Anwesenheit kann aber nicht ausgeschlossen werden, ebenso wie jene der zahlreichen, anderen Verbindungen, welche im Diagramm eine geeignete Lage besitzen. Die Existenz von Verbindungen $\overset{\text{II III}}{RR_2}\overset{\text{III}}{SiO_6}$ in den Augiten ist aber unwahrscheinlich. Wir müßten, wenn diese Hypothese begründet wäre, zwei Augitgruppen unterscheiden: zu einer Gruppe sollten

Enstatit-Hypersthen.

Wegen der innigen Beziehungen, welche zwischen den rhombischen und den monoklinen Pyroxenen bestehen, war es von Interesse zu sehen, ob die chemische Zusammensetzung der dreiwertige Elemente enthaltenden Glieder der Enstatit-Hypersthenreihe analog jener der gemeinen Augite zu erklären ist.

Die zur Verfügung stehenden Analysen sind von beschränkter Zahl, weil nur sehr wenige unter den 104 von Hintze gesammelten Analysen die Werte für FeO und Fe_2O_3 zeigen: auch die neueren, vollständigen Analysen sind sehr wenige. Ich habe daher nur über 17 Analysen verfügen können; glücklicherweise liegen sie im Diagramm in solcher Weise, daß sie sichere Schlüsse gestatten.

In der Enstatit-Hypersthenreihe fehlen die Doppelsalze vom Diopsid-Hedenbergittypus, und es ist sicher, daß Magnesium, Ferroeisen und Calcium sich isomorph vertreten: das Calcium ist übrigens immer sehr untergeordnet. Die Bestandteile sind also drei: $SiO_2 + TiO_2$; $Al_2O_3 + Fe_2O_3$; $MgO + FeO + CaO$. In der folgenden Tabelle ist die molare, prozentische Zusammensetzung für die 17 berechneten Analysen angegeben.

Zahl	$SiO_2 + TiO_2$	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	$(Mg, Fe, Ca, Mn)O$	Analytiker und Vorkommen
1	47,2	3,2	49,6	G. Linck: Reichenweier (geol. Landesuntersuchung Els. Lothr. 1887, 1, 49).
2	49,23	2,95	47,8	F. Becke: Bodenmais (Tschermak's min. petr. Mitt. 3, 69).
3	50,9	4,1	45,0	Sommerlad: Lauterbach (Neues Jahrb. f. Min. u. Geol. usw. 1883, B.-B. 2, 179).
4	50,54	2,04	47,42	Merian: Waldheim (Ebenda 1883, B.-B. 3, 307).
5	49,2	2,6	48,2	G. H. Williams: Casa Tasso (Monte Amiata) (Ebenda 1887, B.-B. 5, 429).
6	48,0	4,7	47,3	Ebenda.
7	49,2	2,4	48,4	Merian: Campo Maior (Ebenda 1883, B.-B. 3, 296).
8	49,2	4,6	49,2	Fouqué: Santorin (Bull. soc. minér. de France 1878, 1, 46).
9	48,4	4,4	50,5	F. Heddle: Craig Buroch (Min. mag. 1882, 5, 40).
10	45,9	7,4	47,0	Remelé: Farsund (Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1867, 19, 722).
11	49,8	0,8	49,4	Merian: Sumatra (Neues Jahrb. f. Min. 1883, B.-B. 3, 302).
12	47,6	0,9	51,5	W. F. Hillebrand: Buffalo Peaks, Col. (Amer. Journ. Sc. 1883, 25, 139).

Zahl	$\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	$(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Ca}, \text{Mn})\text{O}$	Analytiker und Vorkommen
13	49,24	1,74	49,02	T. Chatard: Hebbville Baltimore, Md. (U. S. Geol. Survey Bull. N. 20, 504).
14	48,9	2,3	48,8	Leeds: Mt. Marcy, N. Y. (diese Zeitschr. 2, 643).
15	47,2	4,4	48,4	Remelé: Labrador (Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1868, 20, 568).
16	49,6	3,9	46,5	F. Stella Starrabba: Vesuvio (in F. Zambonini: Mineralogia vesuviana 1940).
17	51,0	2,0	47,0	Z. Rozen: Niederwiedzia Gora (diese Zeitschr. 50, 660).

Fig. 4 Taf. IV zeigt uns die Lage, welche den verschiedenen Analysen im Diagramm zukommt. Man sieht sofort die vollständige Ähnlichkeit mit dem Diagramm der gemeinen Augite. In beiden Fällen liegen die Analysen zwischen den beiden Geraden, welche $\overset{\text{II}}{R}\text{SiO}_3$ mit $\overset{\text{II III}}{RR}_2\text{O}_4$ und $\overset{\text{III}}{R}_2(\text{SiO}_3)_3$ verbinden, und sie liegen ferner in der Nähe des Punktes, welcher der Verbindung $\overset{\text{II}}{R}\text{SiO}_3$ entspricht. Es ist offenbar, daß die Al -haltigen rhombischen Pyroxene nicht als Mischkrystalle der Silikate $\overset{\text{II}}{R}\text{SiO}_3$ und $\overset{\text{II III}}{RR}_2\text{SiO}_6$ betrachtet werden können: unter 17 Analysen hat man nur an zwei (N. 8 und N. 14) $\text{SiO}_2 : \text{RO} = 1:1$, wie es die Tschermak'sche Hypothese verlangt. In den anderen Analysen ist die molare Menge von $\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2$ immer bald größer, bald kleiner als die molare Menge von $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Ca})\text{O}$, wie dies für die monoklinen Augite der Fall war.

Nur die Analysen 9 und 12 liegen außerhalb der angegebenen Grenzen: die Analyse 9 liegt aber so nahe der Geraden $\overset{\text{II}}{R}\text{SiO}_3 - \overset{\text{II}}{R}\text{Al}_2\text{O}_4$, daß die Abweichung wahrscheinlich nur von kleinen analytischen Fehlern verursacht ist. Für die Analyse 12, welche von keinem Geringeren als W. F. Hillebrand herrührt, trifft dies nicht zu: wenn das analysierte Material vollkommen homogen war, so handelt es sich um eine Ausnahme, welche aber zurzeit ohne Bedeutung ist, weil es sich um eine einzige Analyse handelt.

Die chemische Zusammensetzung der rhombischen Pyroxene kann durch die Annahme folgender Bestandteile aufgeklärt werden:

- Metasilikate $\overset{\text{II}}{R}\text{SiO}_3$ (MgSiO_3 , FeSiO_3 und sehr untergeordnet CaSiO_3 und MnSiO_3).
- Aluminat $\overset{\text{II III}}{RR}_2\text{O}_4$ oder eine Verbindung $\overset{\text{II}}{R}\text{SiO}_3 \cdot \overset{\text{II III}}{nRR}_2\text{O}_4$.
- Metasilikat $\overset{\text{III}}{R}_2(\text{SiO}_3)_3$ oder eine Verbindung $\overset{\text{II}}{R}\text{SiO}_3 \cdot \overset{\text{III}}{nR}_2(\text{SiO}_3)_3$.

Man hat also eine vollständige Analogie mit den monoklinen Augiten. Auch für die rhombischen Pyroxene ist es sehr wahrscheinlich, daß der

Bestandteil b) das Aluminat RR_2O_4 ist. Was c) betrifft, so muß man beachten, daß rhombische Silikate, welche dem Ägirin, dem Jadeit und dem Spodumen entsprechen, unbekannt sind, sodaß es sehr wahrscheinlich ist, daß der Bestandteil c) das Metasilikat $R_2(SiO_3)_3$ ist. Die rhombischen Pyroxene bestehen also aus Metasilikaten von zwei- und dreiwertigen Elementen und aus einem Aluminat.

Auch für diese Mineralien sind die Tschermak'schen Silikate überflüssig. Einige der von Doelter erhaltenen Mischungen sind rhombisch, sodaß es nicht ausgeschlossen ist, daß Silikate RR_2SiO_6 eine Rolle in der Konstitution der rhombischen Pyroxene spielen. Man hätte dann einen vierten Bestandteil. Man darf aber nicht vergessen, daß es nicht bewiesen ist, ob die von Doelter dargestellten Substanzen bezüglich ihrer krystallographischen und optischen Eigenschaften der Enstatit-Hypersthenreihe angehören.

In meiner Mineralogia vesuviana habe ich bemerkt, daß der von mir in den Auswurfsblöcken des Vesuvausbruchs von 1906 entdeckte Enstatit eine Zusammensetzung besitzt, welche mit der Tschermak'schen Hypothese nicht in Einklang steht. Ich nahm daher als wahrscheinlich an, daß das Eisen ursprünglich im Mineral im zweiwertigen Zustand enthalten wäre, wie dies für andere pneumatolytische Mineralien der Fall ist, umsomehr, als die von Stella Starrabba ausgeführte Analyse unter dieser Voraussetzung der Formel $RSiO_3 \cdot nRR_2SiO_6$ entspricht. Nun ist zu bemerken, daß die Lage des vesuvischen Enstatit im Diagramm ganz normal ist, sodaß es wahrscheinlich ist, daß sein Gehalt an Ferrieisen ursprünglich ist. Wenn dies zutrifft, so stellt der vesuvische Enstatit eine sehr merkwürdige Varietät dar, welche durch ihren beträchtlichen Fe_2O_3 -Gehalt und das fast vollständige Fehlen des Ferroeisens charakterisiert ist.

Babingtonit.

Dieses Mineral wird gewöhnlich als eine triklone Mischung von Metasilikaten von zwei- und dreiwertigen Elementen ($Ca, Mg, Fe, Mn, Fe, Al, Mn$) betrachtet. Es war interessant zu sehen, ob es auch die anderen Bestandteile enthält, welche eine wichtige Rolle in den rhombischen und monoklinen Pyroxenen spielen.

Die bekannten Babingtonitanalysen sind sehr wenige, sodaß die aus ihnen erhaltenen Resultate von weiteren analytischen Angaben modifiziert werden können. Für die Rechnungen wurden Fe, Al und eventuell Mn zu R, Ca, Fe, Mn, Mg zu R vereinigt. Die molare prozentische Zusammensetzung der besten Analysen ist in folgender Tabelle wiedergegeben.

Zahl	SiO ₂	III R ₂ O ₃	II RO	Analytiker und Vorkommen
I	55,3	4,5	40,2	C. F. Rammelsberg: Arendal (Popp. Ann. 1858, 103 , 306).
II	52,5	5,0	42,5	D. Forbes: Devonshire (Phil. Mag. 1869, 37 , 328).
III	54,1	4,7	41,2	F. Heddle: Sutherland (Min. Mag. 1883, 5 , 147).
IV	56,4	7,2	36,4	Jehn: Nassau (Popp. Ann. 1872, 144 , 594).
V	56,9	7,2	35,9	Klemm: Bessemerschlacke von Hörde in Westphalen (vgl. Hintze, 2 , 1171).
VI	57,94	6,25	35,81	S. Hillebrand: Arendal (vgl. chem. Zentralbl. 1914, 2 , 262).

Wenn wir von der Analyse Forbes', welche ziemlich entfernt von der Geraden liegt, die $\overset{\text{II}}{R}\overset{\text{III}}{\text{SiO}_3}$ mit $\overset{\text{III}}{R_2}(\overset{\text{III}}{\text{SiO}_3})_3$ verbindet, absehen, so entsprechen alle andern Analysen ziemlich gut der Formel $\overset{\text{II}}{R}\overset{\text{III}}{\text{SiO}_3} \cdot n\overset{\text{III}}{R_2}(\overset{\text{III}}{\text{SiO}_3})_3$, welche also bestätigt wird.

In den Fig. 3 und 4 sind die Babingtonitanalysen durch römische Zahlen gekennzeichnet. Sie liegen außerhalb des Feldes, welches von den dreiwertige Elemente enthaltenden Gliedern der Enstatit-Hypersthenreihe besetzt ist, und sie sind auch von den meisten, gewöhnlichen Augiten scharf getrennt. Es gibt aber Augite, welche eine Zusammensetzung besitzen, welche jener einiger Babingtonite nahe steht. Dies ist besonders für den von L. G. Eakins analysierten Augit von Golden King, Silver Cliff, Colo. (15) der Fall, welcher dem Babingtonit von Sutherland nahe steht. Der Augit aus dem Phonolith von Oberschaffhausen (18), welchen A. Knop untersuchte, liegt im Diagramm nicht weit von dem nassauischen Babingtonit und von den Kry- stallen aus der Schlacke von Hörde. Merkwürdig ist, daß der Augit von Oberschaffhausen und der Babingtonit aus Nassau auch in den Mengen der verschiedenen Bestandteile übereinstimmen, wie aus folgender Tabelle hervorgeht.

	Augit von Oberschaffhausen.	Babingtonit von Nassau.
SiO ₂	49,75	50,44
TiO ₂	1,45	—
Al ₂ O ₃	0,53	—
Fe ₂ O ₃	13,23	17,01
FeO	9,66	7,49
CaO	16,72	19,90
MgO	4,55	1,45
MnO	1,09	3,22
Na ₂ O	2,26	—
H ₂ O	—	0,43
	99,24	99,94

Weil beide Analysen durch die Formel $\overset{\text{II}}{R}\overset{\text{III}}{\text{SiO}_3} \cdot n\overset{\text{III}}{R_2}(\overset{\text{III}}{\text{SiO}_3})_3$ darstellbar sind, so könnte man denken, daß es sich um einen Polymorphiefall handelt.

Tatsächlich sind aber die Verhältnisse ganz andere, weil die chemische Konstitution beider Mineralien verschieden ist. Während $R\overset{\text{II}}{\text{SiO}_3}$ im Babingtonit eine Mischung von CaSiO_3 , MgSiO_3 , FeSiO_3 , MnSiO_3 darstellt, haben wir im Augit das Doppelsalz $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})(\text{SiO}_3)_2$; ferner, statt des Silikates $\text{Fe}_2(\text{SiO}_3)_3$ des Babingtonit, findet sich im Augit die Verbindung $\overset{\text{II III}}{\text{RR}_2(\text{SiO}_3)_4}$ (im speziellen Fall des Augit von Oberschaffhausen $(\text{Na}_2, \text{Ca})\overset{\text{II}}{\text{Fe}_2\text{SiO}_3}_4$).

Aus diesem Beispiele geht klar hervor, daß ein Babingtonit und ein Augit mit gleicher Zusammensetzung nicht im Verhältnis der Polymorphie stehen, weil sie zwei Mischkrystalle verschiedener Komponenten darstellen.

Dagegen bestehen $\overset{\text{III}}{\text{Al-}}$ und Fe- führende Enstatit-Hypersthene und Babingtonit aus denselben Bestandteilen, sodaß beide im Verhältnis der Polymorphie stehen. Es ist aber zu bemerken, daß die triklinen Mischkrystalle beträchtliche Ca -Mengen enthalten können, während dieses Element in der Reihe Enstatit-Hypersthen immer ganz untergeordnet ist.

Frau S. Hillebrand hat den Babingtonit als ein Doppelsalz $2\text{Si}_3\text{Ca}_2\text{O}_8 + \text{Si}_2\text{Fe}_2\text{CaO}_8$ betrachtet, welches gewöhnlich von einer geringen Menge des ersten Silikats begleitet wird. Diese Ansicht scheint mir sehr wenig wahrscheinlich, weil die innigen krystallographischen Beziehungen, welche zwischen Babingtonit und Rhodonit bestehen, gegen die Existenz einer Verbindung $\text{Si}_3\text{Ca}_2\text{O}_8$ im Babingtonit sprechen. Die Lage, welche den Babingtonitanalysen im Diagramm zukommt, zeigt, daß die einfachste Annahme, um die Zusammensetzung dieses Minerals zu erklären, die oben angegebene ist.

Zusatz. Aus der ersten Nummer des chemischen Zentralblattes dieses Jahres (S. 22) erfahre ich, daß Herr G. Tschermak seine frühere Ansicht über die Konstitution der monoklinen Augite verteidigt hat (Tschermak's min. u. petr. Mitt. [2], 32, 250). Meine Bemerkungen über die Abhandlung Boeke's stimmen zum Teil mit jenen Tschermak's überein, weil ich schon vor Tschermak gezeigt hatte, daß die Augite nicht Mischkrystalle von SiO_2 , CaO , $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})\overset{\text{III}}{\text{O}}$ und $(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Cr})_2\text{O}_3$ sein können, und daß sie zweifellos die Verbindung $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})(\text{SiO}_3)_2$ (Diopsid-Hedenbergit) enthalten. Herr Tschermak will aber immer seine Deutung der Augitzusammensetzung behalten und glaubt, daß die Berechnung geeigneter ist als die graphische Darstellung, um zur Erkennung der anzunehmenden Verbindungen zu führen. Ich muß jedoch bemerken, daß gerade die von mir angestellten Berechnungen (S. 144) unzweideutig gezeigt haben, daß die Augite nicht als Mischungen von Diopsid-Hedenbergit und Tschermak'schen Silikaten $\overset{\text{II III}}{\text{RR}_2\text{SiO}_6}$ betrachtet werden können, und daß gerade die Berechnungen zu ganz anderen Schlußfolgerungen führen.

Turin, mineralogisches Institut der k. Universität (Palazzo Carignano).