



## Analogien zwischen Gliedern der Pyroxen- und Feldspat-Gruppen und über die Perthitstrukturen.

Von

W. WAHL.

In einer kürzlich veröffentlichten Untersuchung über kalkarme monokline Pyroxene<sup>1)</sup> ist gezeigt worden, dass es innerhalb der Pyroxenfamilie eine Gruppe giebt, die ihrer chemischen Zusammensetzung nach zwischen den Pyroxenen der Diopsid-Hedenbergitreihe sowie den diopsidischen Augiten einerseits und den Eisen- und Magnesiummetasilikaten andererseits steht. Die optischen Eigenschaften dieser „Enstatitaugite“ stimmen mit denen, die sich theoretisch aus Mischungen der Diopsid-Hedenbergite und diopsidischen Augite einerseits, und den Mg-Fe-Metasilikaten andererseits ergeben, überein. Von Mg-Fe-Metasilikaten, die der Pyroxengruppe angehören, giebt es zwei Reihen, nämlich die s. g. rhombischen Pyroxene und die in den Chondriten vorkommenden, polysynthetisch verzwilligten, monoklinen Pyroxene mit relativ kleinem Auslöschungswinkel, die auch mehrmals synthetisch dargestellt worden sind. Für diese habe ich, mit bezug auf ihren relativen Mg-Fe-Gehalt, die Namen „Klinoenstatit“, „Klinobronzit“ und „Klinohypersthen“ vorgeschlagen. In den rhombischen Pyroxenen sowohl wie in den Klinoenstatiten hat die optische Axenebene eine Lage, die senkrecht ist zu derjenigen bei

---

<sup>1)</sup> „Die Enstatitaugite“, eine Untersuchung über monokline Pyroxene mit kleinem Winkel der optischen Axen und niedrigem Kalkgehalt. Helsingfors 25. Mai 1906 und Tschermaks Min. u. Petr. Mitteil. XXVI H. 1 u. 2.

den kalkreichen Pyroxenen, und dies würde die sehr charakteristischen kleinen Axenwinkelwerte der Zwischenglieder bedingen. Praktisch ist es ziemlich einerlei, welche von diesen beiden Reihen man als die Mg-Fe-reichen Endkomponenten annimmt, denn beide unterscheiden sich sowohl in kristallographischer wie in optischer Hinsicht nur sehr wenig von einander.

Als ich meine Untersuchung im Frühjahr 1906 veröffentlichte, war es nicht möglich zu wissen, ob die Klinoenstatite aus reinem Metasilikat bestanden und somit dimorph mit den Gliedern der Enstatit-Hypersthenreihe waren, oder ob sie kleinere Mengen von den Kalk oder Sesquioxid enthaltenden Pyroxensilikaten beigemischt enthielten. Bei verschiedenen Klinoenstatiten waren etwas variierende optische Eigenschaften beobachtet worden, und ich schloss mich deshalb ursprünglich von den beiden Alternativen derjenigen an, nach welcher der Enstatit als das magnesiumreiche Endglied und der Klinoenstatit als ein diesem Endgliede sehr nahestehendes Glied der Serie anzusehen war. Hierdurch erhielt auch die grosse Ähnlichkeit der optischen Eigenschaften von Enstatit und Klinoenstatit eine Erklärung <sup>1)</sup>.

In der neuesten Zeit ist nun eine im „Geophysical Laboratory“ der Carnegie-Institution zu Washington ausgeführte Untersuchung veröffentlicht worden, in der gezeigt wird, dass reines Magnesiummetasilikat in der Tat tetramorph ist <sup>2)</sup>. Von den vier synthetisch dargestellten Verbindungen gehören zwei in die Pyroxengruppe, zwei in die Amphibolgruppe. Von den Pyroxenen ist die eine die zuerst von Ebelmen künstlich dargestellte Verbindung (Klinoenstatit nach der von mir vorgeschlagenen Nomenklatur <sup>3)</sup>), die andere das dem natürlichen Enstatit entsprechende Mg-Metasilikat. Es wird gezeigt, dass die drei übrigen Formen gegenüber dem Klinoenstatit unbeständig sind; die Umwandlung ist eine monotrope. Auf Grund dieser Untersuchung erscheint es jetzt natürlicher den Klinoenstatit sowie die

<sup>1)</sup> W. Wahl. Die Enstatitaugite. Helsingfors 1906. S. 125 u. 134—136.

<sup>2)</sup> E. T. Allen, Fred. E. Wright and J. K. Clement: Minerals of the Composition  $MgSiO_3$ ; A Case of Tetramorphism. Am. Journ. of Science XXII Nov. 1905.

<sup>3)</sup> loc. cit.

entsprechenden eisenreicheren Verbindungen und nicht die rhombischen Pyroxene als die Endglieder der Enstatitaugitserien anzusehen<sup>1)</sup>).

Die Verhältnisse in der Pyroxengruppe gestalten sich aber hierdurch nicht einfacher, sondern eher verwickelter. Wir erhalten nämlich das Resultat, dass zwei der polymorphen Magnesiametasilikate infolge ihrer grossen Ähnlichkeit zur selben Mineralgruppe gehören. Eine so grosse Ähnlichkeit war bis vor kurzem noch bei keiner im Laboratorium untersuchten polymorphen chemischen Verbindung zwischen deren verschiedenen Modifikationen beobachtet worden und hat unter den natürlichen Mineralen ein Analogon nur in dem bekannten und viel diskutierten Fall Orthoklas — Mikroklin.

(Anm. Innerhalb der Feldspatgruppe haben wir noch einen solchen Fall, nämlich die einander äusserst ähnlichen monoklinen und triklinen *homogenen* Kalinatronfeldspate von Pantelleria. Hierauf werde ich später zurückkommen).

Um zu zeigen, wie gross die Ähnlichkeit ist, sind die wichtigsten Eigenschaften von Enstatit und Klinoenstatit sowie von Orthoklas und Mikroklin auf den Seiten 4 u. 5 tabellarisch zusammengestellt worden.

In beiden Fällen unterscheidet sich die eine Modifikation von der anderen dadurch, dass sie einen geringeren Symmetriegrad besitzt. Der Unterschied zwischen den beiden Fällen liegt darin, dass die Feldspate dem triklinen und monoklinen System angehören, die Pyroxene dem monoklinen und rhombischen, aber in beiden Fällen schliesst sich die weniger symmetrische Form eben so eng an die Modifikation von höherer Symmetrie an. In beiden Fällen giebt es innerhalb derselben Mineralgruppe eine grosse Serie, die ganz ausgesprochen die Eigenschaften des Systems mit niedrigerem Symmetriegrade besitzt, nämlich die Diopside, Hedenbergite, Augite und die Plagioklase.

Wenn man die Daten der obigen Zusammenstellung vergleicht, sieht man, dass zwischen den sp. Gew. der beiden Pyroxenformen ein sehr unbedeutender Unterschied vorhanden ist. Es ist nicht unmöglich, dass ein ähnlich kleiner

<sup>1)</sup> Vergl. T. M. P. M. XXVI, S. 115.

Enstatit <sup>1)</sup>

$$a : b : c = 1,03081 : 0,5885$$

$$\beta = 90^\circ$$

Klinoenstatit <sup>2)</sup>

$$a : b : c = 1,033 : 1 : 0,60 \pm 0,015$$

$$\beta = 88^\circ$$

Orthoklas <sup>3)</sup>

$$a : b : c = 0,6586 : 1 : 0,5558$$

$$a = 90; \beta' = 116^\circ 7'; \gamma = 90^\circ$$

Mikroclin <sup>3)</sup>

$$a : b : c = 0,65 : 1 : 0,55$$

$$a = 94^\circ 40' \beta = 116^\circ \gamma = c:a 90$$

		Enstatit	Klinoenstatit	Enstatit	Klinoenstatit
		$\varphi$	$\varphi$	$\varrho$	$\varrho$
<i>c</i>	001	—	—	0°00'	2°00'
<i>a</i>	100	90°00'	90°00'	90°00'	90°00'
<i>b</i>	010	0°00'	0°00'	"	"
<i>m</i>	110	44°07'	44°04'	"	"
<i>z, n</i>	120	25°52'	23°07'	"	"
<i>λ, l</i>	130	17°55'	17°56'	"	"
<i>o</i>	111	44°07'	46°52'	39°21'	40°21'
<i>i</i>	121	25°52'	28°30'	52°36'	53°10'
<i>t, p</i>	101	90°00'	90°00'	29°43'	29°09'
<i>s</i>	111	44°07'	43°29'	39°21'	39°58'
<i>i, e</i>	121	25°52'	24°58'	52°36'	52°11'

<sup>1)</sup> Goldsmidt. Winkeltabellen. Berlin, 1897. S. 281

<sup>2)</sup> Allen, Wright & Clement. Amer. Journ. Science. Nov. 1906 Die Winkeltabelle und das Axenverhältnis sind laut einer brieflichen Mitteilung von Herrn Wright korrigiert.

<sup>3)</sup> G. Tschermak: Lehrbuch der Mineralogie.

*Zwillingsbildung:*

Klinoenstatit: Immer polysynthetisch nach 100. Die Zwillingsenebene ist Symmetrieebene beim Enstatit.

Mikroklin: Fast immer polysynthetisch nach den Albit- und Periklingesetzen. Die Zwillingsenebene 010 ist Symmetrieebene beim Orthoklas.

*Spezifisches Gewicht:* Enstatit = 3,175

Orthoklas = 2,54—2,56

Klinoenstatit = 3,192

Mikroklin = 2,54—2,57

*Brechungsindices:*

Enstatit:  $a = 1,640$      $\beta = 1,646$      $\gamma = 1,652$

Orthoklas:  $a = 1,519$      $\beta = 1,523$      $\gamma = 1,525$

Klinoenstatit:  $a = 1,647$ ;     $\beta = 1,652$ ;     $\gamma = 1,658$

Mikroklin:  $a = 1,519$      $\beta = 1,523$      $\gamma = 1,525$

*Doppelbrechung:*

Enstatit:  $\gamma - a = \text{ca. } 0,01$

Orthoklas:  $a - \gamma = 0,006 - 0,008$ ;  $\gamma - \beta = 0,002 - 0,003$ ;  $\beta - a = 0,004 - 0,005$

Klinoenstatit:  $\gamma - a = \text{ca. } 0,01$

Mikroklin:  $\gamma - a = 0,0065$ ;     $\gamma - \beta = 0,0025$ ;     $\beta - a = 0,0040$

*Auslöschungsschiefe:*

Enstatit:  $c : c = 0^\circ$

Orthoklas: auf 001 = 0;    auf 010 =  $3' - 7^\circ$

Klinoenstatit:  $c : c = 21,8^\circ$

Mikroklin: auf 001 =  $17^\circ$ ; auf 010 =  $4,5^\circ - 7^\circ$

*Optischer Axenwinkel* von annähernd derselben Grösse bei Enstatit und Klinoenstatit. Die Lage der Axenebenen ist in beiden Fällen eine normalsymmetrische. Die Axenebenen bilden einen Winkel gleich  $c : c$  mit einander. Bei Orthoklas und Mikroklin ist die Lage eine normalsymmetrische. Für Orthoklas laut verschiedenen Angaben  $2V = 69^\circ - 84^\circ$ , für Mikroklin  $2V = 71^\circ - 84^\circ$ .

Unterschied zwischen den beiden Feldspatmodifikationen besteht, denn die Bestimmungen an Orthoklas und Mikroklin von verschiedenen Fundorten variieren bedeutend mehr als der Betrag dieses kleinen Unterschiedes bei Klinoenstatit und Enstatit. — Ein Vergleich der kristallographischen Eigenschaften zeigt, dass der Winkel  $\beta$  beim Klinoenstatit um  $2^\circ$  von  $90^\circ$  abweicht, die Winkel  $\alpha$  und  $\gamma$  beim Mikroklin um respektive  $4^\circ 40'$  und  $< 1^\circ$ , und in Proportion hierzu stehen die geringen, Abweichungen der Flächenwinkel des Klinoenstatits und des Mikroklin, soweit sie bekannt sind, von denjenigen des Enstatits und des Orthoklases.

In optischer Hinsicht besteht ein Unterschied zwischen den entsprechenden Formen in beiden Fällen nur in der schiefen Auslöschung der Form von niedrigerem Symmetriegrade, und diese Auslöschungsschiefe ist in beiden Fällen diagnostisch das Hauptunterscheidungsmerkmal zwischen ihnen.

Angesichts der grossen Übereinstimmung zwischen Mikroklin und Orthoklas den meisten Eigenschaften nach hat Mallard bekanntlich die Hypothese aufgestellt, dass Orthoklas und Mikroklin in Wirklichkeit identisch seien und der Orthoklas nur mimetisch monoklin, aber aus mehreren triklinen Mikroklinindividuen aufgebaut sei, und Michel-Levy hat gezeigt, dass die optischen Eigenschaften des Orthoklases diejenigen sind eines submikroskopischen Zwillinggebildes von Mikroklinindividuen, die nach den bei dem Mikroklin meistens gleichzeitig auftretenden Albit- und Periklin-Zwillingsgesetzen aufgebaut sind. Die Theorie hat nun sowohl zahlreiche Anhänger wie Gegner gefunden, und es ist nicht meine Absicht auf diese allbekannte Diskussion einzugehen, ich möchte aber die Aufmerksamkeit darauf lenken, dass die Mallard'sche und Michel-Levy'sche Theorie in gleicher Weise wie für den Fall Orthoklas-Mikroklin für den Fall Enstatit-Klinoenstatit verwendet werden kann: Nicht nur, dass die kristallographischen und optischen Eigenschaften eines monoklinen Körpers, der polysynthetisch nach einer Ebene senkrecht zur Symmetrieebene verzwillingt ist, bei genügender Feinheit der Zwillingbildung identisch mit denjenigen eines rhombischen Körpers werden, sondern der Klinoenstatit besitzt auch in allen Fällen, wo er bis jetzt beobachtet worden ist, einen po-

lysynthetischen Aufbau nach dem Orthopinakoid. Die Michel-Levy'sche Erklärungsweise für die Relationen zwischen den beiden Feldspatmodifikationen ist also ebenso berechtigt für den Fall der beiden Pyroxenmodifikationen.

Unlängst hat Groth eine besondere Benennung für Körper eingeführt, die in der gegenseitigen Beziehung zu einander stehen wie die hier besprochenen; er nennt sie „*polysymmetrisch*“. Die von ihm gegebene Definition der Polysymmetrie gegenüber der Polymorphie lautet:<sup>1)</sup>

*„Die Krystalle derjenigen polysymmetrischen Form einer Substanz, in welcher die Zwillingungsverwachsung nicht mehr wahrnehmbar ist, sind nur scheinbar homogene Körper und unterscheiden sich von den einfachen oder Zwillingkrystallen der Form mit niedrigerer Symmetrie nur durch solche Eigenschaften, welche durch die Art des Aufbaues aus der letzteren bedingt sind; zwischen beiden Formen können Übergänge mit kontinuierlich sich ändernden Eigenschaften existieren, und es ist nicht für alle Fälle erforderlich, dass die Umwandlung aus der einen Form in die andere bei einer bestimmten Temperatur stattfindet“.*

*„Die polymorphen Modificationen stellen dagegen wirklich verschiedene Zustände (Phasen) dar. Beim Übergang aus dem einen in den andern findet im allgemeinen eine discontinuirliche Änderung aller Eigenschaften, sowohl der scalaren wie der vectoriellen, statt, und die Umwandlung erfolgt (gleichen Druck vorausgesetzt und abgesehen von den durch Überhitzung und Unterkühlung bewirkten Verzögerungen) bei einer bestimmten Temperatur, dem Umwandlungspunkte“.*

Zu diesen Definitionen muss nun bemerkt werden, dass die für die Polymorphie gegebene (Satz 2) nur für die enantiotrop umwandelbaren Modifikationen gilt, nicht aber für den Fall der monotropen Umwandlung (nach der Lehman'schen Einteilung der polymorphen Substanzen<sup>2)</sup>). Die Definition der Polysymmetrie (Satz 1) gilt aber andererseits auch für polymorphe Substanzen, deren Modifikationen einander sehr ähnlich sind; die zweite Hälfte des Satzes für solche unter

<sup>1)</sup> P. Groth. Einleitung in die Chemische Krystallographie. Leipzig 1904, p. 7.

<sup>2)</sup> O. Lehmann. Molekularphysik, Leipzig 1888. Bd. I. pag. 119 u. 193.

diesen, die im Verhältnis der Monotropie (Lehman) zu einander stehen.

Tammann hat neuerdings die polymorphen Körper in drei Gruppen eingeteilt <sup>1)</sup>:

1) Kristalle, die in einem gewissen Zustandsfelde absolut stabil sind (entspricht dem Fall der Enantiotropie von Lehman),

2) Kristalle, die kein Zustandsfeld absoluter Stabilität besitzen (entspr. d. Fall der Monotropie von Lehman), und

3) Kristalle, die in ein und demselben Zustandsfelde so stabil sind, dass man sie ihrer Stabilität nach nicht unterscheiden kann. (Fall der „Pseudogleichgewichte“).

Eine Unterscheidung von „Polysymmetrie“ und Polymorphie in Fällen, wo die verschiedenen Modifikationen einander sehr ähnlich sind, erlauben die Definitionen von Groth also nicht.

Als Beispiele polysymmetrischer Körper führt Groth folgende an :

*Uranylmagnesiumnatriumacetat*  $(C_2H_3O_2)_9 (UO_2)_3 Mg Na \cdot 9 H_2O$

Umwandlungstemperatur 28°, monoklin  $\rightleftharpoons$  hexagonal

*Isopropylaminplatinchlorid*  $PtCl_6 (NH_3C_3H_7)_2$  Umw. T. 32°

Monokline polysynth. Zwillinge nach {100}, monoklin  $\rightleftharpoons$  rhombisch

*Kaliumnatriumsulfat* u. *Kaliumnatriumchromat*  $K_3Na(SO_4, CrO_4)_2$

Monoklin  $\rightleftharpoons$  hexagonal

*Kalifeldspat*  $K Al Si_3 O_8$ . Monoklin u. triklin.

Betreffs der drei zuerstgenannten Verbindungen ist jedoch zu bemerken, dass ihre physikalischen Eigenschaften bei höherer und bei niedrigerer Temperatur nicht direkt verglichen worden sind, und dass Groth ihre Kontinuität darum annimmt, weil anfangs keine messbaren Veränderungen des Volums und der spez. Wärme sowie keine messbaren Wärmetönungen bei den Umwandlungen beobachtet werden konnten <sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> G. Tammann. Kristallisieren und Schmelzen, Leipzig 1903. S. 101.

<sup>2)</sup> Bei den zwei erstgenannten wurden bestimmte Umwandlungstemperaturen beobachtet.



Von einigen anderen Körpern, die ebenfalls von Groth angeführt werden (Calciumchloraluminat, Kaliumsulfat, Boracit und Leucit), die auf Grund ihrer Umwandlungserscheinungen auch zu den „polysymmetrischen“ gezählt werden müssten, ist aber gezeigt worden, dass sie polymorph (enantiotrop) sind, wenngleich die die Umwandlung begleitenden Veränderungen der physikalischen Eigenschaften bei ihnen sehr wenig ausgesprochen sind. Es war also a priori anzunehmen, dass bei den als polysymmetrisch angesehenen ähnliche Veränderungen vorkommen, obgleich sie wegen ihrer Unbedeutenheit der Beobachtung entgangen waren. Dies ist nun auch von Steinmetz (von dem die ersten Angaben, auf die sich Groth stützte, herrührten) für Uranylmagnesiumnatriumacetat und für Isopropylaminplatinchlorid nachgewiesen worden <sup>1)</sup>. Es bleiben also von künstlich dargestellten Substanzen nur Kaliumnatriumsulfat und Chromat übrig <sup>2)</sup>. Hierzu gesellen sich dann noch die auch von Gossner untersuchten sauren Sulfate des Kaliums, Ammoniums und Thaliams (Gossner nennt sie nach dem Vorgange Wyruboff's pseudosymmetrisch) <sup>3)</sup>. In betreff dieser Substanzen ist jedoch zu bemerken, dass von physikalisch-chemischer Seite sehr stark die Schwierigkeit betont worden ist in manchen Fällen experimentell überhaupt irgend welche Wärmetönungen bei der Umwandlung zu beobachten, und ebenso führt die dilatometrische Methode oft nicht zum Ziele (Rozeboom <sup>4)</sup>, Tammann <sup>5)</sup>). Und später hat Nacken <sup>6)</sup> durch thermische Messungen gezeigt, dass das Doppelsalz, Kaliumnatriumsulfat  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{K}_2\text{SO}_4$  bei  $431^\circ$  eine *diskontinuierliche* Umwandlung erleidet. Es geht nämlich durch Wärmezufuhr in einen Mischkristall, der aus 75 Mol-%  $\text{K}_2\text{SO}_4$  und 25 Mol-%  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  besteht, über. — Überhaupt scheint also die Existenz der s. g. Polysymmetrie wenig sicher begründet, und ander-

---

<sup>1)</sup> H. Steinmetz, Z. Phys. Chem. LII, S. 449.

<sup>2)</sup> B. Gossner, Kr. XXXIX, S. 155.

<sup>3)</sup> B. Gossner, Z. f. Kr. XXXVIII, S. 158.

<sup>4)</sup> H. W. Bakhius Rozeboom. Die Heterogenen Gleichgewichte. Bd. I, p. 115 und 159.

<sup>5)</sup> G. Tammann, loc. cit.

<sup>6)</sup> R. Nacken, N. J. Beil. B. XXIV S. 58.

seits sind durch die oben erwähnten Untersuchungen Laboratoriumsprodukte bekannt geworden, deren polymorphe Modifikationen, ausser dem optischen Verhalten nach, sehr geringe Unterschiede aufweisen.

Die bei den Mineralen Orthoklas, Mikrolin und Enstatit, Klinoenstatit vorhandene grosse Ähnlichkeit bei gleicher Zusammensetzung ist also nicht mehr einzig dastehend. Durch die Untersuchung von Allen, Wright und Clement ist es erwiesen, dass Enstatit und Klinoenstatit polymorph (monotrop) sind. Die optischen Beweise hierfür werden zwar durch die obige Darstellung, in der gezeigt wurde, dass die Mallard-Michel-Lévy'sche Hypothese auch auf diesen Fall ausgedehnt werden kann, entkräftet, und die Bildung von Lamellen bei der Erhitzung ist deshalb auch nicht beweiskräftig, aber es bleibt noch der thermische Beweis für die monotrope Umwandlung Enstatit-Klinoenstatit übrig, und die diesbezüglichen Bestimmungen <sup>1)</sup> erscheinen mir bei dem jetzigen Stande unseres Wissens über polymorphe Umwandlungen als entscheidend.

Über die Beziehungen Orthoklas-Mikroclin giebt die von Day und Allen publizierte Erhitzungskurve des Orthoklases <sup>2)</sup> keinen Aufschluss. Von Merian hat beim Erhitzen von Mikroclin keine Veränderungen in der Auslöschungsschiefe beobachtet <sup>3)</sup>. Bei Versuchen, bei denen ich Platten nach der Basis eines einfachen Mikroklins von Nurmo, Kirchspiel Östermyra, Finland, sowie des Sanidins von Wehr, Eifel sowohl auf ein paar hundert Grade, wobei sie unter dem Mikroskope beobachtet wurden, wie im Gebläsefeuer bis zur beginnender Schmelzung erhitzte und schnell abkühlte, konnte ich keine Veränderung der Auslöschungsschiefe, d. h. des Kristallsystems bemerken. — Wie die diesbezügliche Litteratur genugsam zeigt, ist eine Entscheidung der Frage, ob Orthoklas und Mikroclin dimorph sind oder nicht, auf optischem Wege allein nicht möglich. Bisher war dieser Fall einzig dastehend, da aber jetzt mehrere ähnliche Fälle entdeckt und experimentell durchforscht worden sind, und da gezeigt worden ist, dass es wirk-

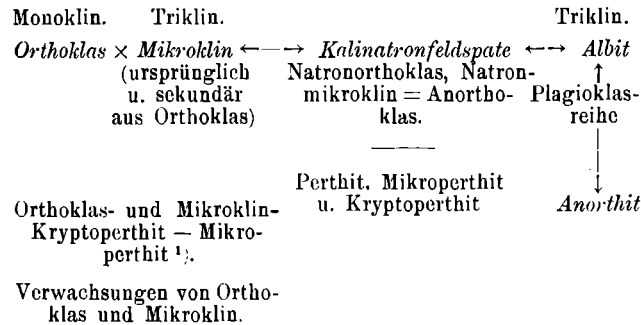
---

<sup>1)</sup> loc. cit pag. 421—411, 431.

<sup>2)</sup> Day & Allen, Am. Journ. Sc. Ser. IV, XIX p. 93. 1905.

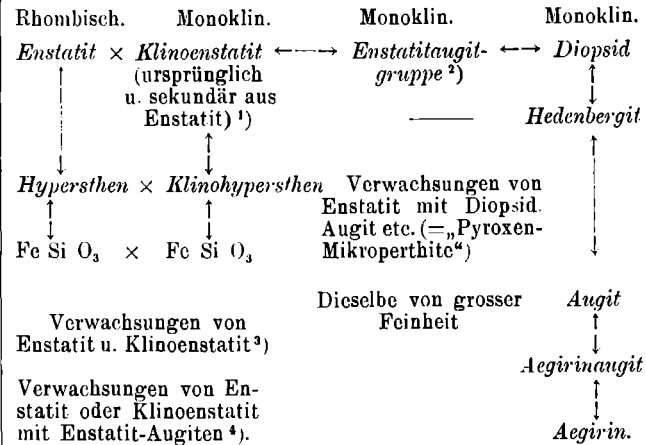
<sup>3)</sup> A. v. Merian. N. J. 1884. I S. 195.

## Feldspatgruppe.



<sup>1)</sup> V. Hackman. Petr. Beschreib. des Nefelinsyenites von Umptek. Fennia XI N:o 2 pag. 106.

## Pyroxengruppe.



<sup>1)</sup> Allen, Wright & Klement. loc. cit pag. 403.

<sup>2)</sup> W. Wahl. Die Enstatitaugite.

<sup>3)</sup> Allen, Wright & Klement. loc. cit. pag. 401.

<sup>4)</sup> Fr. Berwerth. Sitzb. Akad. z. Wien CXII 1 pag. 739.  
W. Wahl. Die Enstatitaugite. S. 86 u. 88.

lich polymorphe Formen derselben chemischen Verbindung giebt, die einander ebenso ähnlich sind, ist es wahrscheinlicher, dass Orthoklas und Mikroklin im Verhältnis der Polymorphie zu einander stehen als in dem der Polysymmetrie.

Die Analogie zwischen den Feldspat- und Pyroxengruppen geht aber, wie die Übersicht S. 11 zeigt, noch weiter:

In der Feldspatgruppe haben wir einerseits die Kaliumverbindung, die in zwei Modifikationen auftritt, und andererseits die Natron- und Kalkverbindungen, die eine isomorphe Serie darstellen und sich durch eine ausgesprochen geringere Symmetrie von den erstgenannten unterscheiden. In der Pyroxengruppe begegnen wir anstatt der einen Verbindung der Feldspatgruppe ( $K Al Si_3 O_8$ ) einer Serie zwischen den beiden sowohl kristallographisch wie chemisch streng isomorphen Verbindungen  $Mg Si O_3$  und  $Fe Si O_3$ , und diese Serie tritt in zwei entsprechenden Modifikationen, den Enstatit-Hypersthen- und Klinoenstatit-Klinohypersthenreihen auf; der übrige Teil der Pyroxengruppe ist von diesen durch eine geringere Symmetrie unterschieden, sie besteht aus den Verbindungen (Doppelsalzen?)  $Ca Mg Si_2 O_6$  und  $Ca Fe Si_2 O_6$  die mit einander streng isomorph sind, dem aluminiumhaltigen sogenannten Tschermak'schen Silikat, dessen Natur noch nicht mit Sicherheit bekannt ist, sowie dem Aegirinsilikat  $Na Fe^{III} Si_2 O_6$ ; diese scheinen alle unter sich isomorph zu sein.

*Zwischen den zwei Hauptabteilungen steht nun vermittelnd innerhalb beider Mineralgruppen eine Serie von Mineralien, welche viele eigentümliche Merkmale aufweisen, die bisher nur in diesen zwei Mineralgattungen beobachtet worden sind, es sind dies die Kalinatronfeldspate und die Enstatitaugite.*

### **Die Kalinatronfeldspate.**

Betreffs der Kali- und Kalinatronfeldspate gehen ja bekanntlich die Anschauungen noch recht stark aus einander. Wenn man aber von subjektiven Ansichten absieht, dürfte folgendes empirisch festgestellt sein:

A. Monoklin kristallisierender Kalifeldspat (Orthoklas) tritt als *primäres Kristallisationsprodukt* in vulkanischen Gesteinen, also bei ziemlich hoher Temperatur gebildet, auf. Zweitens in der Adularform durch Absatz aus wahrscheinlich heis-

sen wässrigen Lösungen entstanden. In beiden Fällen besteht das Mineral teils aus der recht reinen Kaliumverbindung, teils enthält es nicht unbedeutende Mengen der Natriumverbindung beigemischt.

B. Triklin kristallisierender Kalifeldspat (Mikroklin) kommt meistens in gitterstruieren Gebilden vor, und es deutet das Vorkommen desselben vorwiegend in dynamometamorphen Tiefengesteinen auf die sekundäre Entstehung desselben aus Orthoklas.

Doch wird trikliner Kalifeldspat als sicher primäres Kristallisationsprodukt in folgenden Fällen angetroffen:

- 1) In den Drusenräumen einiger Granite (z. B. Pikes Peak).  
Der Feldspat ist gitterstruiert.
- 2) Als *einfache Individuen* in einigen Pegmatiten der Alkalkgranite. (Von Sauer und Ussing ausführlich aus dem Pegmatit von Gasern bei Meissen beschrieben<sup>1)</sup>. Der Verf. hatte Gelegenheit Präparate zweier solcher „einfacher Mikrokline“ von finländischen Fundorten zu studieren: Pellotsalo im Kirchspiel Sordavala und Nurmo im K. Östermyra).
- 3) In vielen „Alkaligesteinen“ zusammen mit Kalinatronfeldspaten. Im manchen Fällen enthält dieser Mikroklin fast gar keinen Natronfeldspat (z. B. Kummerngit, Grönland, nach der Untersuchung von Ussing<sup>2)</sup>).

Es sollte besonders angesichts der beiden letzteren Fälle die Bildung von triklinem Kalifeldspat durch Kristallisation aus dem Magma bei hoher Temperatur nicht geleugnet werden, wie dies oft in der einschl. Litteratur geschieht, wemgleich der sekundäre Gittermikroklin wohl der bei weitem häufigste ist.

---

Die Kalinatronfeldspate sind unter dem Mikroskope teils homogen (die s. g. Natronorthoklase, Natronmikrokline und Kryptoperthite), teils inhomogen: Mikroperthite (Orthoklas-Mikroperthit, Mikroklin-Mikroperthit). Bei dem eigentlichen Perthit tritt diese Inhomogenitet schon mikroskopisch hervor.

<sup>1)</sup> A. Sauer u. N. V. Ussing. Z. Kr. XVIII, p. 192. 1891.

<sup>2)</sup> N. V. Ussing. Meddelelser om Grönland XIV, Sep. p. 12.

Ein Teil der mikroskopisch homogenen Kalinatron-Feldspate wird von manchen Forschern als in Wirklichkeit von inhomogener Natur angesehen und würde sich demnach von den „Mikroperthiten“ nur durch die submikroskopische Feinheit der Struktur unterscheiden. Von anderen werden sie als homogene Mischkristalle betrachtet. Die optischen Eigenschaften würden nach beiden Anschauungsweisen dieselben sein, eine Entscheidung zwischen ihnen ist also praktisch gegenwärtig nicht möglich.

Die perthitischen Strukturen (Mikroperthite) werden von manchen für primäre Kristallisationsstrukturen gehalten, von anderen für sekundäre Umwandlungsstrukturen. Welche dieser Anschauungen nun auch richtig sein mag, so ergibt die Beobachtung ganz unzweifelhaft, dass es zwei verschiedene Typen von perthitischen Strukturen giebt, die bei jeder Diskussion aus einander gehalten werden sollten:

a) Die mikroperthitischen Strukturen, die bei den Feldspaten der „Alkaligesteinsreihe“ (besonders den Nefelinsyeniten) so verbreitet sind. Diese zeichnen sich durch eine gegenseitige kristallographische Orientierung der beiden Komponenten aus<sup>1)</sup>. Da sie in Gesteinen vorkommen, die von Druckphänomenen oder zirkulierenden Lösungen nicht beeinflusst sind, dürften sie entweder eine ursprüngliche, durch gleichzeitige Kristallisation der Komponenten gebildete Verwachsung sein, oder durch späteren Zerfall (während der Abkühlung) eines bei der Kristallisation einheitlichen Feldspates gebildet worden sein. Diese Art von perthitischer Struktur kommt nur bei Feldspaten solcher Gesteine vor, die nicht saure kalkhaltige Plagioklase führen, sondern nur Albit ( $\epsilon$ -Magmen, Rosenbusch).

b) Die Perthitstrukturen der Feldspate der meisten sauren Tiefengesteine der Alkalikalkreihe und der Feldspate der zugehörigen Pegmatite sowie der Gneise. Bei den stärker von Druck veränderten unter diesen tritt der Natronfeldspat auch auf allen möglichen unregelmässigen Sprüngen ausser auf bestimmten Spaltrichtungen auf. (Sehr schöne Abbildungen hiervon finden sich bei z. B. O. Wenglein. Dissertation. Kiel

<sup>1)</sup> N. V. Ussing. Meddelelser om Grönland XIV.

1903). Wenn der Natronfeldspat nun auch zuweilen in diesem Falle ursprünglich dem Kalifeldspat homogen beige-mischt gewesen ist, so ist die Perthitstruktur in diesem Falle doch sicherlich eine sekundäre Erscheinung. Diese Art von Perthitstrukturen kommt bei Alkalifeldspaten solcher Gesteinsfamilien vor, in denen die Alkalifeldspate meistens von kalkhaltigem Plagioklas begleitet sind. (Bei manchen von Druck relativ wenig beeinflussten sauren Graniten, wie z. B. bei den von Holmquist als Quarz-Perthit-Typus bezeichneten Rapakivi graniten in Finland und Schweden, ist die Perthitstruktur eine recht regelmässige, und deutlich sekundäre Spaltenausfüllungen kommen nicht vor. Die Struktur ist jedoch nicht die regelmässige unter *a*) erwähnte, wie sie z. B. von Ussing aus den grönländischen Nefelinsyeniten beschrieben und abgebildet worden ist, und ist leicht von dieser zu unterscheiden, sie ist wahrscheinlich durch den Zerfall eines primär natronkalkreichen Kalifeldspats gebildet worden).

In mehreren in den letzten Jahren erschienenen Arbeiten sind diese zwei Typen *a* u. *b* nicht von einander getrennt worden, und die Urteile über die Mikroperthitstruktur sind deshalb recht einseitig geworden.

Chemisch scheint zwischen diesen beiden Typen von Perthiten der Unterschied vorzuliegen, dass die unter *b*) aufgeführten hauptsächlich aus Kalifeldspat bestehen mit wechselnden, aber doch immer untergeordneten Mengen von Natronfeldspat und ein wenig Kalkfeldspat; aus seiner Zusammenstellung von Analysen gesteinsbildender Alkalifeldspate hat Vogt <sup>1)</sup> die Aufnahmefähigkeit des Kalifeldspates für  $\text{Ab} + \text{An}$  zu 28 % und diejenige des Albits für  $\text{Or}$  zu 12 % abgeleitet. Bei dieser Zusammenstellung sind nur Feldspate aus Gesteinen der Alkali-Kalkreihe ( $\delta$ -Magmen, Rosenbusch) berücksichtigt worden. Die unter *a*) aufgeführten können aber sehr wechselnde Mengen der beiden Komponenten enthalten und nach den bis jetzt ausgeführten Analysen sogar einen Überschuss von Natronfeldspat führen.

*Ann.* Diejenigen von südnorwegischen Fundorten führen alle annähernd  $2 \text{ K Al Si}_3 \text{ O}_8 + 3 \text{ Na Al Si}_3 \text{ O}_8$ , diejenigen aus Süd-Grönland 28 % und 48 %

<sup>1)</sup> J. H. L. Vogt. T. M. P. M. XXIV, p. 535.

der Natronverbindung. Auch die Mikroperthite des Sanidinit von San Miguel und des Pulaskits von Red Hill, N. Hampschire enthalten mehr von der Natronverbindung.

Die *mikroskopisch homogenen Kalinatronfeldspate* sind theils monoklin theils triklin. Brögger hält die von ihm zuerst als Natronorthoklas beschriebenen Feldspate aus dem Kristianiagebiet für in Wirklichkeit inhomogen, aber von so feiner perthitischer Struktur, dass diese mikroskopisch nicht beobachtet werden kann, er bezeichnet sie deshalb als Krypto-perthite. Wo homogener Kalinatronfeldspat in Tiefengesteinen auftritt, ist er bald monoklin bald triklin, und das Verhältnis zwischen beiden Formen ebenso wie die Assoziationsweise derselben entspricht ganz und gar derjenigen des Orthoklases und Mikroklin in den Tiefengesteinen der  $\epsilon$ -Magmen. Solange der Orthoklas als selbständiges Mineral gegenüber dem Mikroklin in den Lehr- und Handbüchern beschrieben wird, sollten Natronorthoklas und Natronmikroklin deshalb auch unterschieden werden — es seien die theoretischen Spekulationen über den Natronorthoklas richtig oder nicht.

Für eine Unterscheidung zwischen monoklinen und triklinen Kalinatronfeldspaten sprechen auch die schönen Untersuchungen Förstner's über die Feldspate von Pantelleria<sup>1)</sup>. Die Feldspate von Cala Porticello und Bagno dell'acqua sind monoklin, ihre Zusammensetzung ist  $\text{Or} : \text{Ab} = 1 : 2,13$ . Die übrigen Feldspate sind triklin. Von diesen gehen aber diejenigen, die zwischen  $1 : 2,15$  und  $1 : 2,84$   $\text{Or} : \text{Ab}$  enthalten, bei erhöhter Temperatur (unter  $300^\circ$ ) in den monoklinen Zustand über und werden beim Erkalten wieder triklin. Bei jeder Erhitzung über die Umwandlungstemperatur sind die beim Abkühlen entstehenden triklinen Zwillingslammellen verschieden. Die Umständlichkeit und Sorgfältigkeit, mit der die Förstner'schen Erhitzungsversuche ausgeführt wurden, genügen nun wenigstens meines Erachtens vollkommen, um den Nachweis zu liefern, dass es sich bei diesen Umwandlungen um enantiotrope Umwandlungen polymorpher Körper handelt. Die Umwandlung verläuft ziemlich rasch, aber innerhalb eines Intervalls und nicht bei einer konstanten Temperatur; dies

<sup>1)</sup> H. Förstner. Z. Kr. I, p. 547; VIII, p. 125—202 und XIX, p. 560.



steht damit im Einklange, dass der sich umwandelnde Körper kein einfacher ist, sondern ein Mischkristall. Das Umwandlungsintervall liegt bei den natronreicheren Feldspaten bei höherer Temperatur als bei den natronärmeren, und zwar steigt die Umwandlungstemperatur rasch mit dem Abnehmen des Kaligehaltes. Die Feldspate mit der Zusammensetzung  $1:2,15 \text{ Or} : \text{Ab}$  wandelten sich schon wenig unter  $100^\circ$  um, bei denjenigen mit  $1:2,8 \text{ Or} : \text{Ab}$  trat die Umwandlung erst näher  $300^\circ$  ein, und bei den Ab-reichsten, denjenigen aus dem „älteren Andesit“ vom Monte Gibele, konnte eine Umw. unter den Versuchsbedingungen (bis  $300^\circ$ ) nicht beobachtet werden; nach dem Erhitzen auf etwa  $500^\circ$  war aber das Lamellengefüge ein anderes, was darauf hindeutet, dass bei dieser Temperatur eine Umwandlung stattgefunden hatte.

Für Mischkristalle, die in zwei polymorphen Modifikationen kristallisieren, ist sowohl theoretisch wie experimentell nachgewiesen worden, dass die Umwandlungstemperatur bei verschiedenen Mischungen verschieden ist, und zwar ist die Erniedrigung (oder Erhöhung) in manchen der experimentell untersuchten Fällen eine sehr bedeutende. Bei den Pantelleriafeldspaten ist die Abnahme dieser Umwandlungstemperatur bei zunehmendem Kaligehalt sehr bedeutend und erreicht die gewöhnlichen Temperaturen bei einem Verhältnis von etwa  $1 \text{ Or} : 2 \text{ Ab}$ . *Man darf folglich erwarten, dass diejenigen Natronkalifeldspate, die Ab-reicher sind als das Verh.  $1 \text{ Or} : 2 \text{ Ab}$ , bei gew. Temperatur triklin sind, die Ab-ärmeren dagegen monoklin.*

Die zwei von Förstner als Natronorthoklas beschriebenen Feldspate von Bagno dell'acqua und Cala Porticello mit einem Verh.  $\text{Or} : \text{Ab} = 1:2,13$  zeigen nun das eigentümliche Verhalten, dass sie sich beim Erwärmen nicht ändern, aber bei der Abkühlung in den triklinen Zustand übergehen und jetzt sich ganz ähnlich dem triklinen Feldspat von Cuddia Mida, der fast dieselbe Zusammensetzung besitzt, verhalten, d. h. sie können durch Erwärmen beliebige Male in den monoklinen Zustand übergeführt werden und werden bei der Abkühlung wieder triklin. Dass sie in der Natur in monoklinem Zustande vorgefunden werden, möchte ich als eine Überschreitungserscheinung ansehen: Bei der Abkühlung

des Gesteins, dem sie entstammen (die übrig. Feldspate sind sämtlich aus anderen Lavaströmen), ist zufolge des Erstarrungsverlaufes die Umwandlungstemperatur des Feldspats, etwa  $80^{\circ}$ — $100^{\circ}$ , überschritten worden, und hierzu hat vielleicht auch die abweichende Zusammensetzung dieses Gesteins beigetragen, da die Überschreitung für alle Feldspate des Gesteins stattfand. Bei erneutem Erhitzen der einzelnen Kristalle tritt diese Überschreitung beim Abkühlen nicht mehr ein, und der Feldspat erscheint nun bei gewöhnlicher Temperatur triklin.

Natronreichere Feldspate dieser Serie sind hauptsächlich durch die Untersuchungen von Fouqué bekannt geworden, die meisten stammen von den Azoren, einige von französischen Fundorten. Alle diese sind triklin, nähern sich aber ebenso wie die Feldspate der Pantellerite den kristallographischen Konstanten nach mehr dem Orthoklas als dem Albit. Die Formenausbildung dagegen ist bei verschiedenen Fundorten eine sehr verschiedene.

Es gehören hierher auch die Rhombenfeldspate des Kristiania- und des Kilima-Ndscharogebietes. Diese bilden aber eine ganzbesondere Gruppe für sich, denn sie sind sämtlich zugleich recht kalkreich, einzelne enthalten sogar mehr Kalk als Kali; sie sind triklin und durch ihre Rhombenform charakteristisch.

Natronärmere Kalinatronfeldspate als diejenigen der Pantellerite sind weniger genau untersucht. Jedoch sind recht kalireiche Kalinatronfeldspate aus Nevadit Chalk Mnt. Col. U. S. A., aus Nefelinsyenit v. Zwartkopies S. Afrika u. Pulaskit der Furche Mnts. Arkansas bekannt, diese sind monoklin; auch gehören höchst wahrscheinlich zu den Kalinatronfeldspaten die natronreichen „Sanidine“ der Fonolite und anderer Ergussgesteine der  $\epsilon$ - und  $\gamma$ -Magmen (Rosenbusch).

Die meisten Kalinatronfeldspate mit mittelhohem Kaligehalt, die bisher analysiert wurden, scheinen aber Mikroperthite zu sein. Es lässt sich auch zur Zeit nicht immer auf Grund der Beschreibungen feststellen, ob ein mikroskopisch homogener Mischkristall zwischen Natron- und Kalifeldspat vorliegt, oder ob sich die Analysen auf Mikroperthite oder auf Sanidine mit einem gewissen  $\text{Na}_2\text{O}$ -Gehalt, der aber von perthitischen Einlagerungen herrührt, beziehen.

Jedenfalls haben wir es aber innerhalb der Gruppe der Kalinatronfeldspate, wie die Untersuchungen von Förstner an den Pantelleriafeldspaten deutlich dartun, mit einem zweiten Fall innerhalb der Feldspatgruppe zu tun, wo zwei verschiedene Modifikationen existieren, die einander äusserst ähnlich sind und die, wenigstens innerhalb eines Teils der Serie, enantiotrop in einander umwandelbar sind.

### Magnesium- und eisenreiche Pyroxene.

Den Kalinatronfeldspaten entsprechende Pyroxene liegen nach meiner Auffassung in den magnesia- und eisenreichen monoklinen Pyroxenen vor (vergl. die Zusammenstellung Seite I). Auch unter diesen giebt es sowohl mikroskopisch homogene wie inhomogene, nämlich die *Enstatitaugite* und die lamellären Verwachsungen von Pyroxenen, die meistens parallel dem Orthopinakoid verlaufen. Für diese werde ich im Folgenden die Benennung **Pyroxenperthite** gebrauchen<sup>1)</sup>.

*Pyroxenmikroperthite*, die aus rhombischen und monoklinen Pyroxen (diopsidischem Augit oder Diallag) bestehen, sind seit langer Zeit bekannt und werden hauptsächlich aus den Gabbros und Noriten beschrieben. Die Lamellen sind gewöhnlich parallel {100} gelagert. Verwachsungen nach {010} und {110} kommen aber auch vor<sup>2)</sup>. Zuweilen ist diese Verwachsung von so grosser Feinheit<sup>3)</sup>, dass sie als *kryptoperthitisch* bezeichnet werden mag (*Pyroxenkryptoperthite*).

Ausserdem kommen mehrere andere mikroperthitische Verwachsungen innerhalb der Pyroxengruppe vor. So hat

<sup>1)</sup> Das Wort „Perthit“, obwohl ursprünglich als Name des „perthitischen“ Feldspats von Perth vorgeschlagen, ist später ganz und gar ein Strukturbegriff geworden („Mikroperthit“) und darf deshalb auch, wenn die hiermit bezeichnete Struktur bei anderen Mineralien als den Feldspaten auftritt, ganz ebenso verwendet werden wie z. B. die Bezeichnung Granophyrstruktur schon lange auch für andere Zusammenwachsungen als Quarz-Feldspat gebraucht worden ist.

<sup>2)</sup> Rosenbusch. *Mikroskopische Physiographie*. 4. Aufl. I. 2. S. 149.

<sup>3)</sup> loc. cit. S. 149 und 206.

Berwerth eine regelmässige lamelläre Verwachsung nach {100} zwischen Hypersthen und Hypersthenhedenbergit (einem Glied der Enstatitaugitgruppe), <sup>1)</sup> eingehend aus dem Meteoriten von Peramiho beschrieben <sup>2)</sup>. Allen, Wright & Clement beschreiben eine polysynthetische Verwachsung von Enstatit und Klinoenstatit (also von den zwei verschiedenen Modifikationen derselben Verbindung!) mit einander <sup>3)</sup>. Die Verwachsungsebene ist auch in diesem Falle {100}, und der Klinoenstatit ist nach derselben Fläche polysynthetisch verzwilligt. In dem Meteoriten von Juvinas habe ich eine Verwachsung von Klinohypersthen und Hypersthenhedenbergit beobachtet <sup>4)</sup>. Da Enstatit und Klinoenstatit dimorph sind, müssen es auch die eisenreicheren Glieder der Serien, Hypersthen und Klinohypersthen sein, und es wird also viel von den Temperaturverhältnissen, denen die Meteorite nach ihrer ursprünglichen Kristallisation ausgesetzt gewesen sind, abhängen, ob man in ihrem jetzigen Erhaltungszustande den von Berwerth beobachteten Hypersthen-Hypersthenhedenbergit-Mikroperthit oder den Klinohypersthen-Hypersthenhedenbergit-Mikroperthit antreffen wird.

Alle diese Pyroxenperthite sind gewissermassen primäre Bildungen und entsprechen ganz und gar den Mikroperthiten der Alkaligesteine, Abt. a) der Darstellung S. 14. Aber es gibt auch Pyroxenperthite, die der Abt. b) bei den Feltspatent sprechen. Zu diesen gehören wahrscheinlich diejenigen Gebilde, in welchen „Diallag“ den einen Komponenten bildet, rhombischer Pyroxen den anderen. Wahrscheinlich ist hier der rhombische Pyroxen bei der Bildung der polysynthetischen Zwi-

<sup>1)</sup> W. Wahl. Die Enstatitaugite. Nomenklatur. S. 137—141,

<sup>2)</sup> Fr. Berwerth. Sitzb. der Akad. zu Wien. CXII 1. 1903. S. 739 und Abbildung. Taf.

<sup>3)</sup> loc. cit. S. 401. Die Verfasser sind der Ansicht, dass möglicherweise in den bis dahin beschriebenen Pyroxenverwachsungen die rhombischen und monoklinen Bestandteile dieselbe Zusammensetzung haben. Dass dies nicht der Fall sein kann, geht daraus hervor, dass die beiden Bestandteile z. B. bei den Pyroxenmikroperthiten der Gabbros und Noriten in Schnitten nach {010} ausser der verschiedenen Auslöschung auch einen bedeutend grösseren Unterschied in der Doppelbrechung aufweisen als den zwischen den entsprechenden dimorphen Gliedern vorhandenen.

<sup>4)</sup> Die Enstatitaugite, S. 85—87.

lingslamellen des Diallags infolge äusserer Druckbeeinflussung gleichzeitig in parallelen Lamellen ausgeschieden worden. Von sekundärer Natur ist die in mehreren monoklinen Pyroxenen und besonders häufig bei den Bronzitaugiten der Hunne- und Konga-Diabase beobachtete „Streifung“ parallel der Basis<sup>1)</sup>. Zuerst tritt in diesen bei beginnender Verwitterung eine feine Spaltbarkeit auf, die im weiteren Verlauf des Prozesses von einer feinen polysynthetischen Zwillingsbildung nach  $\{001\}$  und in manchen Fällen Ausscheidung von Lamellen parallel  $\{001\}$ , die leichter zersetzt werden als der Hauptteil des Gebildes, begleitet sind. Diese Lamellen sind von mir als Umwandlungsprodukte eines rhombischen Pyroxens gedeutet worden<sup>2)</sup>, und es läge folglich in den Gebilden ein bei eintretender Verwitterung sekundär entstandener Pyroxenperthit vor. Man hätte also in diesen sekundären Pyroxenperthiten eine sekundäre polysynthetische Zwillingsbildung, verbunden mit Perthitisierung teils parallel  $\{100\}$  und teils parallel  $\{001\}$ . Ich möchte nun darauf hinweisen, dass Mügge<sup>3)</sup> gezeigt hat, dass  $\{001\}$  erste Gleitfläche und  $\{100\}$  zweite beim Diopsid sind. Bei eintretenden Spannungsdifferenzen werden sich diese nach den erwähnten Flächen ausgleichen und zu polysynthetischen Zwillingsgebilden Anlass geben. Von diesen Pyroxenperthiten sind diejenigen nach  $\{001\}$  in den durch den Gebirgsdruck gar nicht beeinflussten Gesteinen beobachtet worden, diejenigen nach  $\{100\}$  kommen dagegen in den dynamometamorphen Gliedern der Gabbrofamilie vor. Wahrscheinlich ist in dem ersten Falle die leichte Angreifbarkeit des Minerals durch die Verwitterungsagenzien gerade eine Folge der Umlagerung innerhalb desselben: es liegen Spannungen vor, die sich durch die erwähnten Erscheinungen ausgleichen, und bei der Bildung der feinen Spaltbarkeit parallel der Basis beginnt auch die Umwandlung und schreitet gleichzeitig mit der Umlagerung weiter. Hierfür spricht auch, dass diese Erscheinungen nur bei gewissen Glied-

---

<sup>1)</sup> Die Enstatitaugite, S. 26–27, 30, 43 und 44.

<sup>2)</sup> Die Enstatitaugite, S. 27.

<sup>3)</sup> Mügge. N. J. 1883, I. S. 84; 1886, I. S. 1885; 189, I. S. 238.

dern der Enstatitaugitgruppe beobachtet werden, nämlich bei denjenigen mit mittelgrossen Axenwinkelwerten, Bronzitaugit und den entsprechenden eisenreicheren oder- ärmeren.

---

Die den mikroskopisch homogenen Kalinatronfeldspaten entsprechenden Glieder innerhalb der Pyroxenfamilie liegen meiner Ansicht nach in den verschiedenen Serien der „Enstatitaugit“-Gruppe vor. Was bisher über diese bekannt geworden ist, habe ich in der mehrmals zitierten Arbeit über „Die Enstatitaugite“ angeführt.

Ich möchte hier nur noch auf das analoge Auftreten derselben und der Kalinatronfeldspate (Anorthoklase) sowie der Mikroperthite (Gruppe *a. b.*) und Pyroxenmikroperthite innerhalb der Gesteinswelt hinweisen. Die Kalinatronfeldspate und Mikroperthite treten in den „Alkaligesteinen“, d. h. in solchen auf, die aus den von Rosenbusch als  $\epsilon$ -Magmen (foyatische-M.) bezeichneten Magmen hervorgegangen sind. Diese zeichnen sich gegenüber den „gewöhnlichen“ granito-dioritischen Magmen durch ihren relativ hohen Alkaligehalt aus. Die besprochenen Feldspate treten hauptsächlich bei den Gesteinen von mittelhoher Azidität auf, bei den mehr basischen werden sie in mehr oder weniger hohem Grade durch die „Lenaden“ ersetzt. Die mikroskopisch homogenen Kalinatronfeldspate sind hauptsächlich aus den Erguss- und Ganggesteinen bekannt geworden; in den Tiefengesteinen tritt Kalinatronfeldspat am häufigsten als Mikroperthit auf.

Die Enstatitaugite treten hauptsächlich bei Erguss- und Ganggesteinen oder Intrussivköpern geringer Dimensionen (Diabas) auf, die Pyroxenperthite hinwieder bei den entsprechenden Tiefengesteinen (Gabbro-Norit). In dem Abschnitt „Zur Kenntnis der Bildungsbedingungen der Diabaspyroxene mit niedrigem Kalkgehalt und kleinem Winkel der optischen Axen“ meiner Untersuchung über die Enstatitaugite habe ich gezeigt, dass die wesentliche Bedingung für die Bildung derselben die ist, dass das Magma relativ viel  $MgO + FeO$  gegenüber  $CaO$  enthält und dass der Aziditätsgrad etwa 1,0 ist, so dass nicht erhebliche Mengen  $MgO + FeO$  zur Bildung

von Orthosilikat in Anspruch genommen werden, sondern unter den Metasilikaten ein erheblicher Überschuss von den  $Mg + Fe$  Verb. übrig bleibt. Die Orthosilikate entsprechen hier den Lenaden innerhalb der Alkaliserie und die Notwendigkeit des hohen  $FeO$ -,  $MgO$ -Gehalts dieser Magmen für die Bildung der Enstatitaugite dem hohen Alkaligehalt der foyaitischen Magmen.

Die Analogie zwischen den Bildungsbedingungen und dem Auftreten dieser Glieder der Feldspat- und Pyroxenfamilien ist also eine vollständige.

Ein Blick auf die Zusammenstellung der verschiedenen Glieder und Serien der Pyroxen- und Feldspatfamilien Seite 11 zeigt, dass die vertikal über einander stehenden Glieder innerhalb beider Familien vollständig mit einander mischbar sind und streng isomorphe Serien bilden. Man findet z. B. in den Eruptivgesteinen nicht Enstatit (das reine Magnesiummetasilikat) *neben* Gliedern der Mischungsserie Enstatit-Hypersthen, ebensowenig findet man Albit und Anorthit *rein neben einander*, oder eines von diesen und ein Zwischenglied der Serie. Anders ist es mit den horizontalstehenden Serien. In diesen trifft man sowohl Orthoklas oder Mikroklin und Albit als auch Enstatit (sowie die eisenreicheren Glieder) und die kalkreicheren monoklinen Pyroxene (Diopsid, Augit) neben einander aus demselben Magma kristallisiert, daneben auch Zwischenglieder der Serien. *Bei diesen horizontalstehenden Serien kommen dann auch die perthitischen Verwachsungserscheinungen vor*, die bei den vertikalstehenden weder primär noch sekundär beobachtet worden sind. *Es besteht also zwischen den vertikalstehenden und horizontalstehenden Gliedern eine verschiedene Fähigkeit homogene Mischungen zu bilden.* Für die Glieder der vertikalstehenden Serien darf man nach dem, was über sie bis jetzt bekannt geworden ist, annehmen, dass sie „isomorph“ sind und kontinuierliche Serien mit einander bilden, d. h. dass sie dem Roozeboom'schen Mischungstypus I angehören. *Verglichen mit ihnen müssen die horizontalstehenden Glieder entweder als nicht isomorph, und ihre Mischungen*

als „*Mischkristalle nicht isomorpher Substanzen*“ angesehen werden, oder auch muss man eine *Isomorphie, von geringerer Vollständigkeit* für sie annehmen. In jedem Falle geht aus dem obigen Vergleich hervor, dass innerhalb beider Mineralfamilien dieselben eigentümlichen Verhältnisse unter analogen Umständen auftreten, so dass sie bei Beurteilung hierher gehöriger Fragen aus denselben Gesichtspunkten betrachtet werden müssen.

Helsingfors, Februar 1907.

