

UEBER DIE KRYPTOPERTHITISCHE ALBIT-AUSSCHIEDUNG IN MIKROKLINPERTHITEN

von

K. SOLDATOS

(Mineralogisch-petrographisches Institut der Universität,
Thessaloniki, Griechenland)

Einleitung

Bekanntlich ist Mikroklin die Tieftemperaturform des Kalifeldspates (KAlSi_3O_8). In der Natur tritt er meist mit Albitschnüren durchwachsen auf. Wir definieren *Perthit als eine Verwachsung von K-Feldspat und Na-Feldspat, wobei optisch bzw. röntgenographisch Orientierungsbeziehungen zwischen Kalifeldspat und Na-Feldspat festgestellt werden können, welche offenbar nicht »zufällig« sind.* Laves (1950, 1952) machte es wahrscheinlich, dass die meisten Mikrokline aus ursprünglich monoklinem K-reichem Alkalifeldspat entstanden sind. Diese ursprüngliche Symmetrie lässt sich bei fast allen Mikroklinen an der Weise ihrer Verzwilligung erkennen. Es erschien interessant, zu untersuchen, ob bezüglich der Orientierung des perthitischen Albits zum Mikroklin Gesetzmässigkeiten beobachtbar sind. Diese könnten Aufschluss geben über die Genese bzw. den Entmischungsvorgang in Zusammenhang mit der Mikroklinbildung. Es wurden daher von Laves und Soldatos (1962) Mikroklinperthite aus fast allen Erdteilen optisch und röntgenographisch untersucht, um einen Ueberblick über auftretende Orientierungsbeziehungen zwischen Mikroklin und perthitischem Albit zu bekommen. Das Hauptinteresse galt dem Kryptoperthit, jedoch wurden auch die Orientierungsbeziehungen in Mikro- und Makroperthit röntgenographisch untersucht.

Im folgenden wird über die Hauptergebnisse der Untersuchungen von Laves und Soldatos (1962, 1962a) berichtet. Eine ausführlichere Beschreibung des Untersuchungsmaterials und der Messergebnisse soll in der Z. Krist. publiziert werden.

Untersuchungsmaterial und Methode

Als Untersuchungsmaterial dienten grosse Mikroklinperthit-Kristalle meist pegmatitischer Herkunft, die meist als mehrere cm grosse Spaltstücke vorlagen. (Eine Röntgenuntersuchung der Mikroklinperthite aus plutonischen Gesteinen wird zur Zeit vom Verfasser durchgeführt.) Aus Dünnschliffen wurden geeignete Kristallteile herauspräpariert und mit der Buerger-Präzessions-Methode untersucht.

Makro-, Mikro- und Kryptoperthit

Ueber den Perthitbegriff ist in der Literatur sehr viel geschrieben worden [siehe dazu Hintze (1897) p. 1357]. Becke (1882, p. 199) führte den Begriff Mikroperthit, Brøgger (1890, p. 537 u. 549) den Begriff Kryptoperthit ein. Niggli (1926, p. 533) unterschied Makro-, Mikro- und Kryptoperthit [siehe auch Andersen (1928), der die Begriffe »vein«, »film« und »string«-perthite einführt.] Hier werden die Begriffe Makro-, Mikro-, und Kryptoperthit (Laves und Soldatos (1962)) in folgender Weise verwendet:

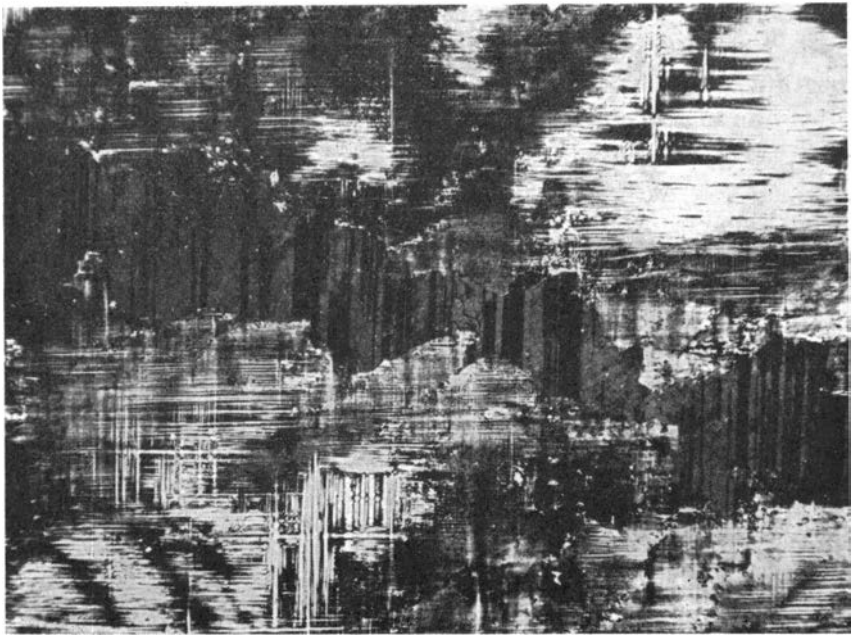
1. *Makroperthit* bedeute einen Perthit mit relativ groben Makro-Albit-Einlagerungen in der Form von »Schnüren« von einer Dicke, die meist grösser als 0,05 mm ist (im Sinne von O. Andersen (1928) etwa »vein«-Perthite).

2. *Mikroperthit* bedeute einen Perthit mit Mikro-Albiteinlagerungen, die nur mikroskopisch erkennbar sind und deren Dicke kleiner als etwa 0,05 mm ist (im Sinne Andersens (1928)) meist als »film«, selten als »string«-perthite ausgebildet).

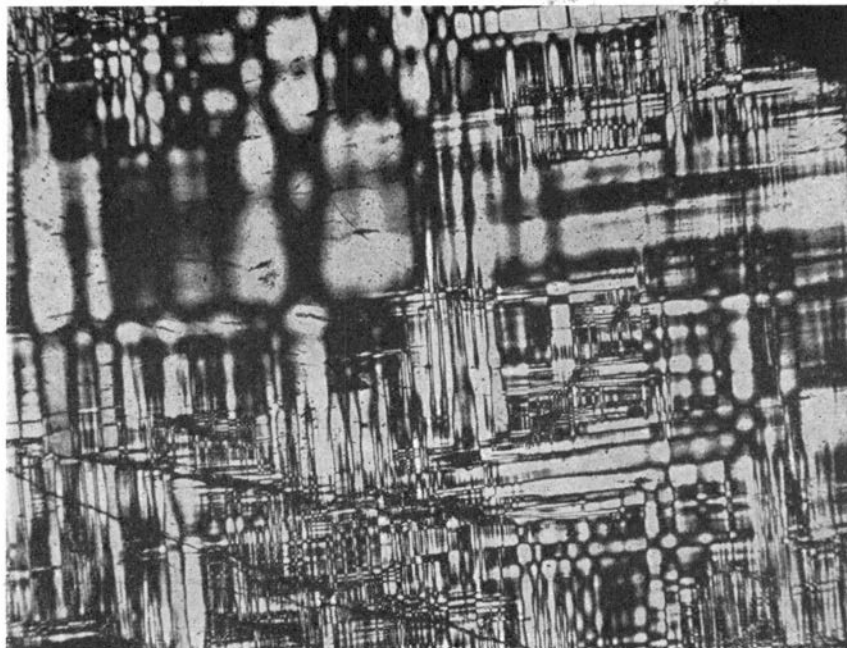
3. *Kryptoperthit* bedeute einen Perthit mit Na-Feldspateinlagerungen, die röntgenographisch aber nicht mehr optisch nachweisbar sind. Eine Unterscheidung zwischen Makro- und Mikro-Albit ist im allgemeinen mit blossem Auge bzw. im Mikroskop möglich. Hingegen ist die Unterscheidung von Mikro- und Kryptoalbit meistens unmöglich, weil die Mikro-Albit-Anteile meist mit sinkender Grösse zwar an Zahl zunehmen, aber ihre Auflösbarkeit im Mikroskop abnimmt, sodass auf fließende Uebergänge vom Mikro-Albit zum Krypto-Albit geschlossen werden muss.

Kurze Beschreibung der untersuchten Mikrokl ine

Die Farbe der untersuchten Mikrokl ine ist makroskopisch verschieden, meist braun, weiss, grün bzw. blaugrün (Amazonenstein). In Schlif fen \parallel (001) erscheinen die Mikrokl ine fast immer verzwilligt nach Albit- oder Periklin-Gesetz, meist jedoch nach beiden Gesetzen (Mikrokl in-Gesetz). Die Grenzen zwischen den Zwillingslamellen sind entweder scharf oder diffus. Im ersten Fall haben die Zwillingsdomänen eine meist einheitliche Auslöschungsschiefe von etwa 18° – 19° , im zweiten Fall wandert die Auslöschung kontinuierlich von der einen Zwillingsstellung zu anderen. Oft ist die Mikrokl inverzwilligung so fein, dass man im Polarisationsmikroskop ein scheinbar »homogenes« Material mit gerader oder nur wenig davon abweichender Auslöschung sieht (Figur 1 und 2). Oft lassen sich alle drei Erscheinungsformen im



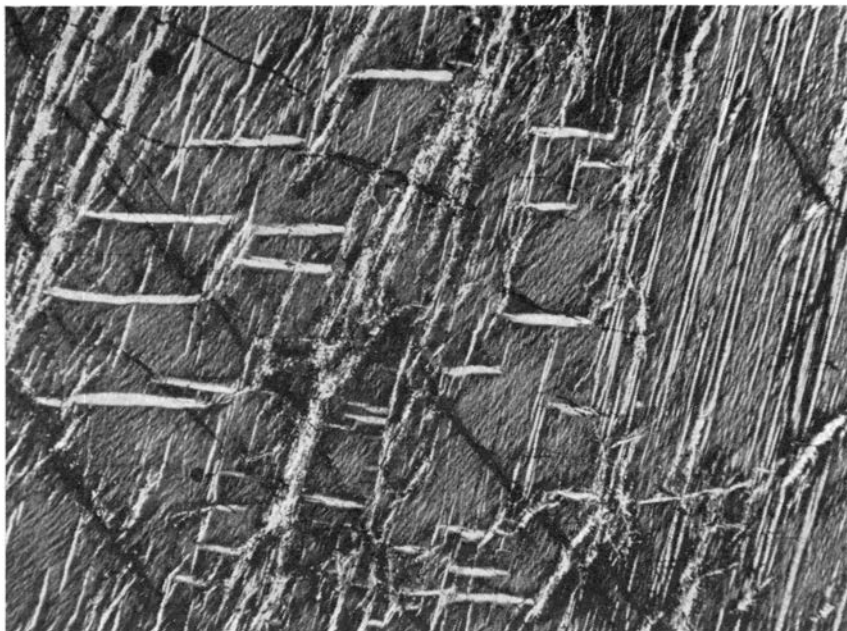
Figur 1. Dünnschliff parallel (001) von Mikrokl inperthit. Canada. (Näherer Fundort unbekannt). Dünne Lamellen nach Albit-, Periklin- und Mikrokl ingesetz. An einigen Stellen ist die Mikrokl ingitterung besonders fein ausgebildet. Man beachte auch die Gebiete mit einheitlicher Auslöschung (optisch »monoklin«) infolge submikroskopischer Verzwilligung. In der Mitte Makroalbit (»vein«-perthite) nach Albitgesetz verzwilligt. (Bildlänge = 2,5 mm, Nic. +).



Figur 2. Dünnschliff parallel (001) von Mikroclinperthit. Varuträsk. Es treten Zwillingdomänen sowohl mit »scharfen« als auch mit »diffusen« Grenzen (wandernde Auslöschung) auf. (Bildlänge = 2,5 mm, Nic. +).

gleichen Schliff beobachten. »Einkristalle« wurden ebenfalls angetroffen, aber ziemlich selten. Makro- bzw. Mikroalbit erscheint auf (001)-Schliffen fast parallel (nicht selten etwas abweichend) zur b -Achse angeordnet. In (010)-Schliffen ist der Winkel (bezeichnet als ρ) zwischen der (001)-Spaltbarkeit und den perthitischen Albitlamellen im Sinne von Schuster (1881) etwa 113° für den Makroalbit und etwa 107° für den Mikroalbit, wenn man diesen Winkel von der positiven a -Achsenrichtung zur positiven c -Achsenrichtung hin misst. Das heisst, die Lamellen liegen fast parallel zur c -Achse.

Plattenperthit. In einigen Proben wurde mikroskopisch eine Ausbildung des Albites gefunden, die von Laves und Soldatos (1962a) als Plattenperthit (Plate-Perthite) bezeichnet wurde. Diese Ausbildung wurde nur in solchen Teilen der Proben gefunden, welche »einkristallinen« Charakter haben, also frei von Verzwilligung sind. Man er-



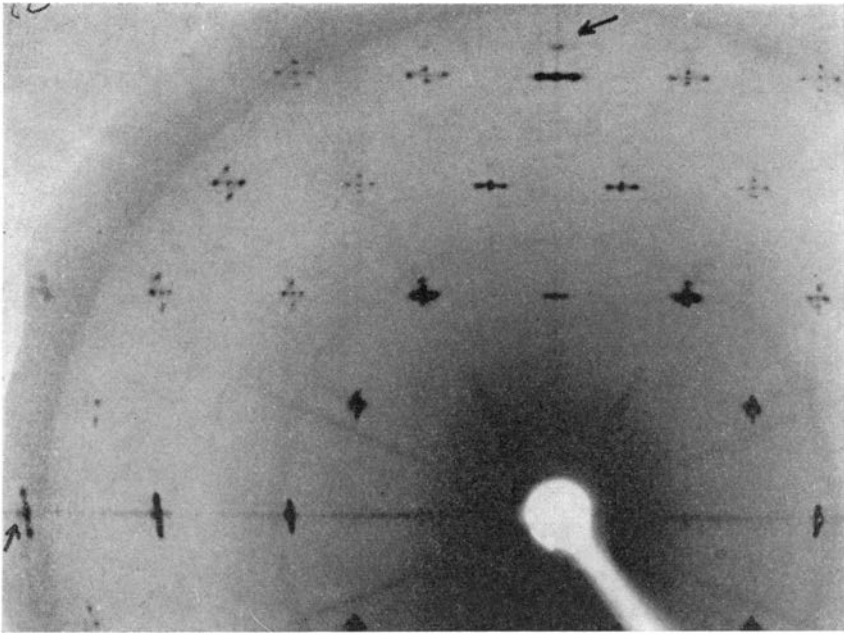
Figur 3. Dünnschliff parallel (010) von Mikroklinterthit. Yxsjöveberg, Schweden. Man erkennt deutlich den etwa parallel (001) orientierten Plattenalbit und weiterhin zwei Generationen Mikroalbit ungefähr parallel c angeordnet. (Bildlänge = 2,5 mm, Nic.+).

kennt dann in (010)-Schliffen plattige Albit-»Einschlüsse« etwa parallel den Spuren von (001), also *fast parallel der a -Achse* (Figur 3).

Roentgenographische Untersuchung des Kryptoperthites

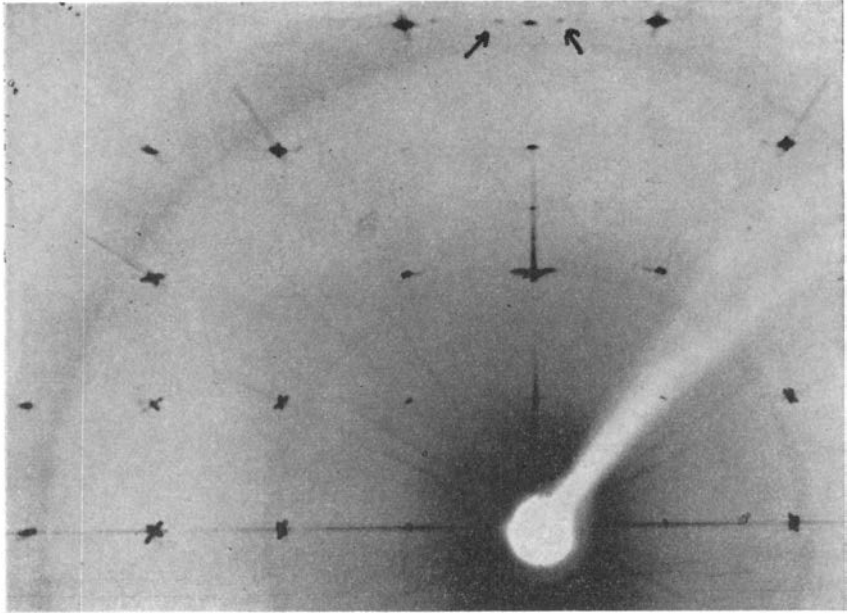
Zur Feststellung der Orientierungsbeziehungen im Kryptoperthit wurden aus Dünnschliffen Mikroklinteile herausgeschnitten und röntgenographisch untersucht, welche möglichst frei von Mikroalbit waren. Es wurden zwei Hauptfälle gegenseitiger Orientierung des Kryptoalbites zum Mikroclin gefunden, die als Typ I und Typ II beschrieben werden.

Typ I ist dadurch charakterisiert, dass b^* (Albit) mit b^* (Mikroclin) zusammenfällt, wenn der Mikroclin nach dem Albit-Gesetz fein verzwilligt ist. Ist der Mikroclin nach dem Periklin-Gesetz fein verzwilligt, dann fällt b^* (Albit) mit b (Mikroclin) zusammen. Ist



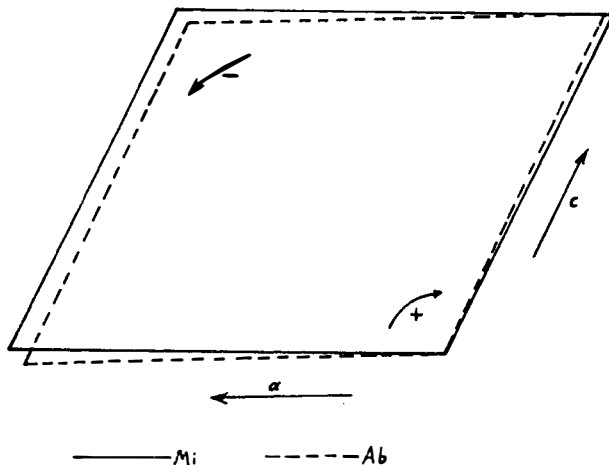
Figur 4. Präzessions-Aufnahme mit c als Präzessionsachse. Die b^* -Richtungen verlaufen horizontal, die a^* -Richtungen vertikal. Auf der mittleren b^* - und der mittleren a^* -Richtung sind Albitreflexe gut beobachtbar (siehe z.B. Pfeile). Typ I (Cu-Strahlung, gefiltert).

schliesslich der Mikroklin nach beiden Gesetzen fein verzwillingt (meist als »gegittertes« Material im Mikroskop erkennbar, gelegentlich aber nur röntgenographisch feststellbar, optisch also »monoklin« erscheinend), dann fällt b^* (Albit) mit b^* (Mikroklin) der nach Albit-Gesetz verzwilligten Domänen zusammen — und mit b (Mikroklin) der nach Periklin-Gesetz verzwilligten Domänen. Bemerkenswert ist, dass der Krypto-Albit immer in Positionen beobachtet wurde, welche einer Verzwilligung nach dem Albit-Gesetz entsprechen (Figur 4 und 5). Eine weitere wichtige Beobachtung war, dass die a -Achsen von Mikroklin und Kryptoalbit nicht zusammenfallen. Sie bilden Winkel (bezeichnet als η Winkel, $\eta = [100]_{\text{Mi}} \wedge [100]_{\text{Ab}}$) von $-60'$ bis $-65'$ (vgl. auch (Laves (1952)) (Figur 6). Im Vergleich zu dem Typ II, dessen Beschreibung gleich folgt, ist noch wichtig zu bemerken, dass a^* der beiden Krypto-Albit-Lagen praktisch in der Mitte zwischen den entsprechenden a^* -Richtungen des Mikroklin liegt.



Figur 5. Präzessions-Aufnahme mit a als Präzessionsachse. Die b^* -Richtungen verlaufen horizontal, die c^* -Richtungen vertikal. Man beachte die nach Albitgesetz symmetrischen Albitausscheidungen, deren Reflexe als Satelliten rechts und links der Mikroklinreflexe ($00l$) in Erscheinung treten; besonders deutlich beim (004)-Reflex (Pfeile) und bei (002). Typ I (Cu-Strahlung, gefiltert).

Typ II ist dadurch charakterisiert, dass a^* (Kryptoalbit) mit a^* (Mikroklin) *zusammenfällt*, mit anderen Worten, (100) ist beiden Substanzen gemeinsam (Figur 7). Wir wissen aber, dass α (Albit) $\simeq 94^\circ 20' \mp \alpha$ (Mikroklin) $\simeq 90^\circ 40'$. Folglich kann höchstens eine der beiden in (100) liegenden kristallographischen Hauptachsen b oder c beiden Materialien gemeinsam sein. Wenn man berücksichtigt, dass die Proben des Typs II eine sehr geringe Menge von Kryptoalbit enthalten (meist $0,1$ – $0,5\%$, hingegen bei dem Typ I meist zwischen $1,3$ – $1,7\%$), so waren sehr lange Belichtungszeiten nötig, um die Orientierung hinreichend sicher festzustellen. Es gelang dies durch ein »Unsymmetrieverfahren« bei Präzessions- c -Aufnahmen. Die Auswertung ergab für den Winkel c $(Kr-Ab) \wedge c(\text{Mikr.}) \simeq -55'$. (Bei Präzessions- a -Aufnahmen gelang es trotz sehr langer Belichtungszeiten nicht, die Albit-Reflexionen sichtbar zu machen.)



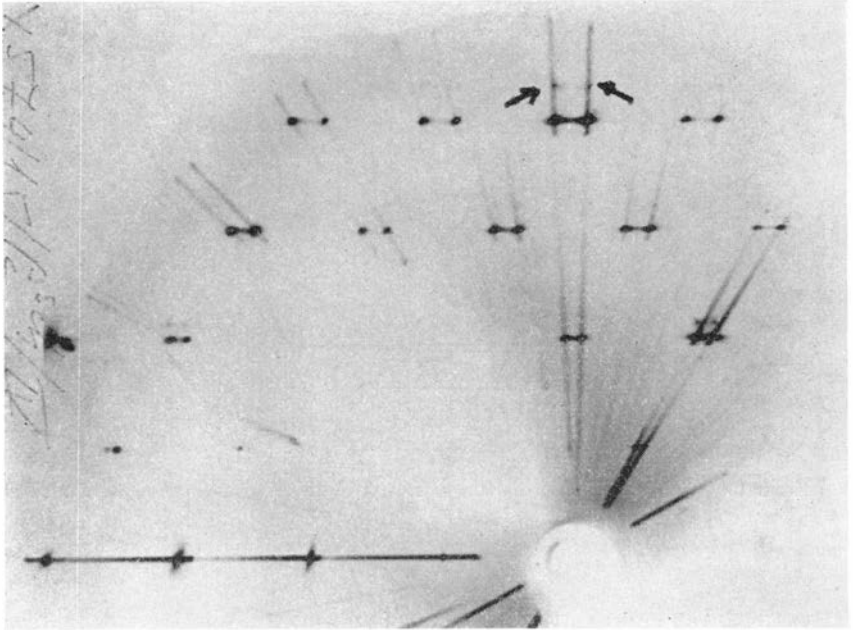
Figur 6. Gegenseitige Orientierung von Mikroklin (Mi) und perthitischem Albit (Ab) vom Typ I. $b^*_{Mi} \parallel b^*_{Ab}$. Schnitt (010) . $\eta = [100]_{Mi} \wedge [100]_{Ab} \cdot \beta_{Mi} \simeq 116^\circ 00'$
 $\beta_{Ab} \simeq 116^\circ 40'$.

Intermediäre Zustände zwischen Typ I und Typ II wurden ebenfalls oft angetroffen (Figur 8).

Gesetzmaessigkeiten zwischen optischem Bild und Roentgenbefund bei den Mikroklinkryptoperthiten

Es liessen sich folgende Regeln erkennen:

1. *Ideal ausgebildeten Typ I findet man nur an Stellen, die optisch »monoklin« erscheinen oder sehr fein gegittert sind, mit diffusen Grenzen zwischen den Zwillinglamellen.*
2. *Ideal ausgebildeten Typ II findet man in »Einkristallen« oder in solchen Zwillinglamellen, welche von ihren Nachbarlamellen durch »scharfe Grenzen« getrennt sind.*
3. *Bei vielen Kryptoperthiten wurde festgestellt, dass an verschiedenen Stellen der gleichen morphologischen Einheit beide Entmischungstypen (I, II), wie auch intermediäre Zustände auftreten können.*
4. *Für die intermediären Fälle ergab sich folgende Regel: Je feiner verzwillingt und je diffuser die Zwillingsgrenzen, desto stärkere Tendenz in Richtung Typ I; je gröber verzwillingt und je schärfer die Zwillingsgrenzen, desto stärkere Tendenz in Richtung Typ II.*

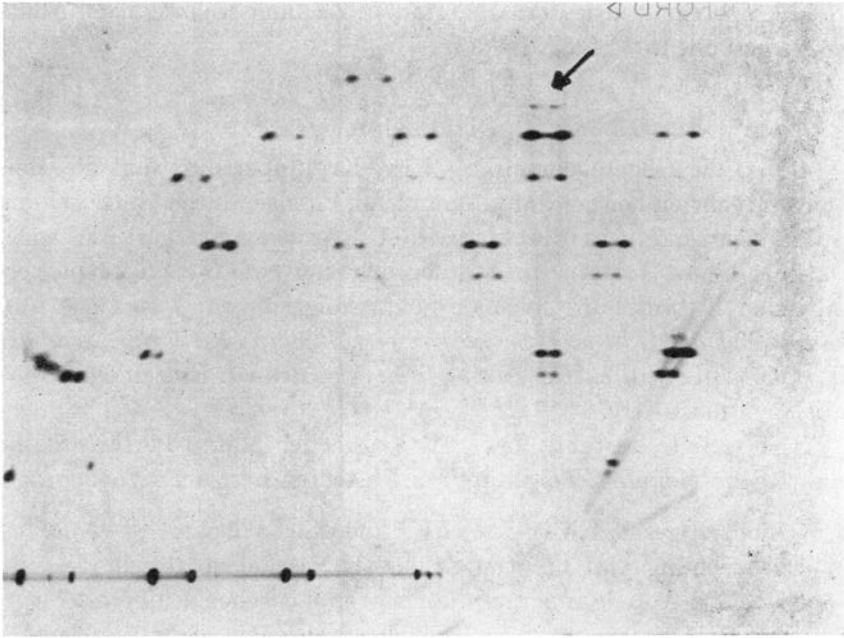


Figur 7. Präzessions-Schwenk-Aufnahme mit c als Präzessionsachse wie in Figur 4. Der Unterschied der Lage der Albitreflexe in den beiden Aufnahmen ist deutlich. (Wegen der Schwenkmethode wurden nicht alle $hk0$ -Reflexe erfasst). Typ II. (Cu-Strahlung gefiltert).

5. *Beim Typ I wurde röntgenographisch meist erheblich mehr Kryptoalbit gefunden als beim Typ II.*

Roentgenbefund bei den Mikro- und Makroperthiten

Nachdem es sich gezeigt hatte, dass der Kryptoalbit zum Mikro- klin Orientierungsbeziehungen hat, die röntgenographisch auf wenige Minuten genau bestimmt werden können, schien es wünschenswert, die gleiche Methode auch auf den Mikro- und Makro-Perthit anzuwenden. Dass auch hier Orientierungsbeziehungen bestehen, sieht man ja sofort im Polarisationsmikroskop. Optisch ist es aber nicht möglich, die gegenseitigen Lagen der Gitterachsen auf Minuten genau zu bestimmen. Man würde froh sein, wenn eine Genauigkeit von einigen Graden erreicht werden könnte. Für eine Deutung des Gesamtgeschehens, welches zur Ausbildung von Makro-, Mikro- und Kryptoperthit inner-



Figur 8. Präzessions-Schwenk-Aufnahme mit c als Präzessionsachse. Intermediär zwischen Typ I und Typ II. (Cu-Strahlung ungefiltert).

halb einer morphologischen Einheit führt, erschien es interessant, auch die Orientierungsbeziehungen von Makro- und Mikroalbit zum Mikroklin auf Minuten genau zu ermitteln. Zu diesem Zwecke wurden solche Teile aus Dünnschliffen herausgeschnitten und röntgenographisch untersucht, welche aus Mikroklin *und* Makro- bzw. Mikroalbit bestanden, und in welchen der Mikroklin entweder optisch »monoklin« oder sehr fein gegittert war. *Die Orientierungsbeziehungen wurden im Prinzip gleich gefunden wie für den Kryptoperthit des Typ I.* Lediglich bei den η -Winkeln ($[100]_{\text{Mi}} \wedge [100]_{\text{Ab}}$) wurden kleinere, aber wichtig erscheinende Abweichungen beobachtet. In Makroperthiten wurde für η ein Mittelwert von $-37'$ zwischen $-11'$ und $-55'$ streuend, und im Mikroperthit des »string«-Typus nach Andersen — eine sehr seltene Varietät des Mikroperthites — wurde für η etwa $-45'$ festgestellt. Hingegen besitzt der gewöhnliche Mikroperthit (Andersens »film«-Perthit) die gleichen η -Werte ($\approx -64'$, streuend zwischen $63'$ und $65'$) wie der Kryptoperthit des Typ I. Sowohl im Makroperthit, wie auch

im Mikroperthit wurde der Albit stets in Zwillingstellung nach Albitgesetz gefunden.

Diskussion

Ueber die Genese der Mikro- bzw. Kryptoperthite sind die Meinungen recht einheitlich: Man nimmt an, dass sie durch Entmischung entstanden sind, was durch unsere Untersuchungen gestützt wird. Darüber hinaus erlaubt die Feststellung von zwei Typen kryptoperthitischer Entmischung folgende Schlussfolgerungen: *Typ I tritt auf, solange sich der Wirt noch »monoklin« verhält. Typ II tritt auf, wenn der Wirt bereits in grossen Domänen triklin geworden ist.* Einzelheiten werden noch diskutiert.

Andererseits besteht über die Genese der Makro-Perthite keine einheitliche Meinung. Folgende drei Ansichten herrschen vor:

1. Gleichzeitiges Wachstum von K- und Na-Feldspat.
2. Entmischung von ursprünglichen (K,Na)-Feldspäten in K- und Na-reiche Anteile innerhalb der morphologischen Einheit.
3. Teilweiser Ersatz des ursprünglich homogenen (K,Na)-Feldspates durch Na-Feldspat infolge von Na-Zufuhr von aussen (replacement).

Insbesondere vertritt u.a. Andersen (1928) die Meinung, dass die Bildung des Makroalbites als ziemlich spätes Stadium zu betrachten ist, und zwar weniger als eine Sammelkristallisation von ursprünglichem Mikro- und Kryptoalbit, denn als ein Verdrängungsprozess durch von aussen eindringendes Na-Material auf »Rissen«, längs kristallographisch bevorzugten Richtungen. Andersen (1928) stützt seine Ansicht mit Betrachtungen über das richtungsabhängige Kohäsionsverhalten der Feldspäte in Zusammenhang mit »contraction cracks« während der Abkühlung.

Obwohl uns bewusst ist, dass die Perthitbildung durch verschiedene Vorgänge hervorgerufen werden könnte, sind wir der Meinung, dass die Bildung der Mikroperthite pegmatitischer Herkunft am besten erklärt werden kann, wenn man sich auf die folgenden, vorher mitgeteilten Tatsachen stützt:

- 1) ρ -Werte von Makro- und Mikroalbit.
- 2) Die Existenz der beiden Typen I und II beim Kryptoperthit.

- 3) Die Aehnlichkeit der Orientierungsbeziehungen im Mikro- und Makroperthit einerseits mit denjenigen des Kryptoperthites vom Typ I andererseits.

Stadium 1. Ursprünglich werden (K,Na)-Mischkristalle im monoklinen Sanidinzustand gebildet, sei es stabil unter Gleichgewichtsbedingungen oberhalb etwa 500 °C oder metastabil unterhalb etwa 500 °C.

Stadium 2. Wenn die Abkühlung nicht zu schnell vonstatten geht, tritt Entmischung ein. Während dieser Zeit wird die Hauptmenge des Na-Anteiles als Makroperthit ausgeschieden. Hierbei herrschen Tendenzen vor, eine Parallelität der strukturellen Bindungen in der *c*-Richtung von Wirt und Gast möglichst zu bewahren. Dabei verlaufen die Verwachsungsflächen Makroalbit — K-Feldspat etwa parallel der *c*-Achse (ρ etwa $113^\circ \pm 5^\circ$, strenge Parallelität würde 116° erfordern; η ist kleiner als bei den Mikro- und Kryptoperthiten). Gegen die Annahme, dass die Makroperthitbildung als eine von aussen eingedrungene metasomatische Verdrängung betrachtet werden kann, spricht auch folgendes: Das zwischen den perthitischen Lamellen befindliche Mikroklinmaterial ist (trotz der vielen, aber dünnen Mikroalbit-Einlagerungen) meist sehr Na-arm; es müsste also der ursprünglich gewachsene K-feldspat sehr Na-arm gewesen sein, was auf Grund allgemeiner petrographischer Erfahrung sehr unwahrscheinlich erscheint.

Stadium 3. Es beginnt die Transformation des monoklinen Sanidins in triklinen Mikroklin. Hierbei bildet sich der sogenannte »Orthoklas« aus, d.h. ein submikroskopisch verzwilligtes Material, mit Domänen, deren Ordnung trikliner Symmetrie entspricht. Dies ist ein Zwischenzustand zwischen monoklinem Sanidin und einem als triklin nachweisbarem Mikroklin. Infolge der feinen Verzwilligung gibt es viele »Grenzen«, die spannungsmässig gestört sind und daher leicht als zahlreiche Keimgebiete für weiter auszuscheidendes Albitmaterial dienen können: Die Bildung des Mikroperthits (»film«perthite) setzt ein. Da die Orientierungsbeziehungen des Mikroperthites denen des Kryptoperthites vom Typ I entsprechen (sowohl bzgl. der Symmetrie wie auch der η -Werte), scheint es sicher zu sein, dass sich der Kryptoperthit des Typs I ebenfalls während dieses Stadiums bildet.

Stadium 4. Der submikroskopisch »feinverzwilligte Orthoklas« geht unter Ausbildung definierterer Domänengrenzen in Mikroklin mit »sichtbarer« Verzwilligung über. Dieser Vorgang ist charakterisiert

durch eine rekristallisationsartige Vergrößerung des Zwillingsgefüges (Sammelkristallisation). [Dieser Kristallisationsprozess darf also nicht mit dem von Andersen (1928) vorgeschlagenen verwechselt werden]. Während für die Stadien 1–3 charakteristisch ist, dass die Orientierung des entmischten Albit, sei es als Makro-, Mikro- oder Kryptoalbit vom Typ I, der ursprünglich monoklinen Symmetrie des K-Feldspates entspricht, richtet sich in Stadium 4 der Albit bezüglich seiner Orientierung nach der Geometrie des triklin gewordenen Mikroklins (Typ II). *Stadium 5.* Während die Umkristallisation des Mikroklins zu »einkristallinem« Mikroclin fortschreitet, findet auch eine Umkristallisation des Albit statt (Plattenperthit): Innerhalb eines »einkristallinen« Mikroclinbereiches ist der Plattenalbit derart ausgebildet, dass die Al/Si-Verteilung im Mikroclin *und* im Albit »topologisch kohärent« ist (Laves und Soldatos, 1962a).

Herrn Prof. F. Laves (Zürich) möchte ich für die Durchsicht meines Manuskriptes meinen Dank aussprechen.

LITERATURVERZEICHNIS

- ANDERSEN, O. (1928): The genesis of some types of feldspar from granite pegmatites. Norsk Geol.Tidsskr., vol. 10 (1928) pp. 113.
- BECKE, F. (1882): Die Gneissformation des niederösterreichischen Waldviertels. Tscherm.Mineral.Petrogr.Mitt. vol. 4 (1882) pp. 189.
- BROGGER, W. C. (1890): Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Zeit.Krist. vol. 16 (1890) pp. 1. (Ueber Kryptoperthit pp. 524).
- HINTZE, C. (1897) — Handbuch der Mineralogie II. Leipzig.
- LAVES, F. (1950): The lattice and twinning of microcline and other potash feldspars. Jour.Geol. vol. 58 (1950) pp. 548.
- (1952): Phase relations of the alkali feldspars. Jour. Geol. vol. 60 (1952). Part I pp. 436, Part II pp. 549.
- und SOLDATOS, K. (1962): Die Albit/Mikroclin-Orientierungs-Beziehungen in Mikroclinperthiten, und deren genetische Deutung. Zeitschr.Krist. vol. 117 (1962) (im Druck).
- and SOLDATOS, K. (1962a): Plate-perthite, a new perthite intergrowth in microcline single crystals, a recrystallization product. Zeitschr.Krist. vol. 117 (1962) pp. 218.
- NIGGLI, P. (1926): Lehrbuch der Mineralogie II (Spezielle Mineralogie). Berlin.
- SCHUSTER, M. (1881): Ueber die optische Orientierung der Plagioklase. Tscherm. Mineral. Petrogr. Mitt. vol. 3 (1881) pp. 117.