

Die Albit/Mikroklin-Orientierungs-Beziehungen in Mikroklinperthiten und deren genetische Deutung

Von F. LAVES und K. SOLDATOS*

Institut für Kristallographie und Petrographie der Eidg. Techn. Hochschule,
Zürich

Mit 9 Abbildungen im Text

(Eingegangen am 27. Dezember 1961)

Abstract

The orientation of the albite component relative to the K feldspar host was determined by x-ray methods in macro-, micro- and cryptoperthites from 27 different localities. Two main types (with intermediate orientations) were found:

Type I, The orientation of the albite indicates separation from a "monoclinic" K feldspar (macro-, micro- and partly cryptoperthite). This orientation was observed when the K feldspar appeared optically "monoclinic" or when the microcline twin structure appeared diffuse and without sharp boundaries.

Type II, The orientation shows no relation to an original monoclinic state; on the contrary the albite shows such relations to the microcline that it must be considered to have separated from triclinic microcline (cryptoperthite in larger microcline lamellae which show sharp boundaries and cryptoperthite in albite microcline areas which may already be viewed as single crystals).

On the basis of the x-ray results the following processes are mainly responsible for the formation of the perthites examined (mostly of pegmatitic character): 1. Formation of relatively coarse "vein perthite" (ANDERSEN) through unmixing from a sanidine state; 2. Formation of "film perthite" (ANDERSEN) and "monoclinically oriented" cryptoperthite through unmixing from an "orthoclase" state; 3. Formation of "triclinically oriented" cryptoperthite through unmixing from a microcline state; 4. Recrystallization of twinned microcline and of perthitic albite to "single crystal" microcline with albite inclusions, the orientation of which is such that the Al/Si distribution in the microcline and in the albite inclusions is "topologically coherent" ("plate perthite").

The cleavelandites with random orientation to the K feldspar are considered as a relatively late albitization coming from outside.

* Jetzige Adresse: Mineralogisches Institut der Universität Thessaloniki, Griechenland.

Auszug

In Makro-, Mikro- und Kryptoperthiten (von 27 verschiedenen Lokalitäten) wurde röntgenographisch die Orientierung der Albitkomponente zum Kalifeldspat-Wirt untersucht. Es wurden zwei Haupttypen (mit intermediären Orientierungen) gefunden:

Typ I, Die Orientierung des Albites deutet auf Ausscheidung aus „monoklinem“ K-Feldspat (Makro-, Mikro- und teilweise Kryptoperthit). Diese Orientierung wird beobachtet, wenn der Kalifeldspat optisch „monoklin“ erscheint oder die Mikroklingitterung „diffus“ und ohne scharfe Zwillingsgrenzen in Erscheinung tritt.

Typ II, Die Orientierung läßt keine Beziehungen zu einem ursprünglich monoklinen Material erkennen, sondern der Albit zeigt zum Mikroklin derartige Orientierungsbeziehungen, daß er als aus triklinem Mikroklin ausgeschieden angesehen werden muß (Kryptoperthit in größeren Mikroklin-Zwillingslamellen, die gegen ihre Nachbarlamellen durch scharfe Grenzen abgesondert sind, und Kryptoperthit in großen Mikroklinbereichen, die bereits als Mikroklineinkristalle angesprochen werden könnten).

Für die Bildung der untersuchten Perthite (vorwiegend wohl pegmatitischen Charakters) werden auf Grund der röntgenographischen Untersuchungsergebnisse vorwiegend folgende Vorgänge verantwortlich gemacht: 1. Bildung von relativ grobem „Aderperthit“ („vein perthite“ ANDERSENS) durch Entmischung aus dem Sanidinzustand; 2. Bildung von Mikroperthit („film perthite“ ANDERSENS) und „monoklin orientiertem“ Kryptoperthit durch Entmischung aus dem „Orthoklas“-Zustand; 3. Bildung von „triklin orientiertem“ Kryptoperthit durch Entmischung aus dem Mikroklinzustand; 4. Umkristallisation verzwilligten Mikroklin und perthitisch ausgeschiedenen Albites zu „einkristallinem“ Mikroklin mit Albiteinlagerungen, deren definierte Orientierungsbeziehungen dadurch charakterisiert sind, daß die Al/Si-Verteilung im Mikroklin und in den Albiteinlagerungen „topologisch kohärent“ ist („Plattenperthit“).

¹ Die Cleavelandite (mit relativ zufälliger Orientierung zum Kalifeldspat) werden als eine relativ späte Albitisierung, von außen kommend, angesehen.

I. Problemstellung

Schon viel ist über das Auftreten, die Ausbildung und die Genese von Mikroklin und Mikroklinperthiten geschrieben worden. Es scheint inzwischen ziemlich klar zu sein, daß weitaus der überwiegende Teil von Mikroklin in Gesteinen und auch Drusen aus ursprünglich monoklinem K-reichem Alkalifeldspat hervorgegangen ist (LAVES, 1950, 1952). Während dieses Vorganges wird meistens ein ursprünglich vorhandener Na-Gehalt als Albit ausgeschieden, falls der ursprünglich monokline Zustand solches in fester Lösung aufgenommen hatte. Es bilden sich dann sogenannte Mikroklinperthite, welche in Makro-, Mikro- und Kryptoperthite unterschieden werden können. Meist ist es dabei so, daß in den morphologischen Einheiten der Albit in allen drei (Makro-, Mikro, Krypto-) Formen erkennbar ist, und zwar derart,

daß die Größen der Albit-Gebiete keiner „Gaußschen“ Verteilung entsprechen, sondern daß bei mikroskopischer Betrachtung deutlich Makro- und Mikroalbit unterschieden werden kann.

Da sich herausgestellt hat, daß die Mikrokline meist derart verzwillingt sind, daß die ursprüngliche monokline Symmetrie erkennbar bleibt, erschien es interessant, zu untersuchen, ob bezüglich der Orientierung der perthitischen Albit-Anteile relativ zur Orientierung des Mikroklin (bzw. seiner verzwillingten Domänen) Gesetzmäßigkeiten beobachtbar sind, welche Aufschluß über die Genese bzw. den Entmischungsvorgang geben könnten.

Es wurden daher Mikroklinperthite von 27 verschiedenen Fundpunkten (aus allen Erdteilen) röntgenographisch untersucht, um einen Überblick über auftretende Orientierungsbeziehungen zwischen Mikroklin und Albit zu erhalten. Hierfür kamen natürlich nur Einkristallverfahren in Frage. Wir beschränkten uns auf die für diese Zwecke am besten geeignete Buerger-Precession-Methode. Unser Hauptinteresse galt den kryptoperthitischen Teilen, aber auch Makro- und Mikroperthite wurden untersucht.

II. Über den Perthit-Begriff

In Anlehnung an die in der Literatur häufig zu findende Verwendung des Begriffes „Perthit“ [siehe dazu HINTZE (1897, p. 1357); BECKE (1882, p. 199), der den Begriff Mikroperthit einführte; BRÖGGER (1890, p. 537 und 549), der den Begriff Kryptoperthit einführte; NIGGLI (1926, p. 533), der Makro-, Mikro- und Kryptoperthit unterschied] wollen wir hier die betreffenden Begriffe in folgender Weise verwenden:

1. Unter Perthit sei allgemein eine Verwachsung von K-Feldspat und Na-Feldspat verstanden, welche optisch oder röntgenographisch Orientierungsbeziehungen erkennen läßt, welche offenbar von einer „zufälligen“ Orientierungsbeziehung abweichen.

2. *Makroperthit* bedeute einen Perthit mit relativ groben Na-Feldspateinlagerungen, meist in „Schnüren“ vorliegend von einer Dicke, die meist größer als 0,05 mm ist [im Sinne von O. ANDERSEN (1928) etwa „vein“ perthite].

3. *Mikroperthit* bedeute einen Perthit mit Na-Feldspateinlagerungen, die nur mikroskopisch erkennbar sind und deren Größe in ihrer kleinsten Ausdehnungsrichtung kleiner als etwa 0,05 mm ist [im Sinne ANDERSENS (1928) meist als „film“, selten als „string“ perthite ausgebildet].

4. *Kryptoperthit* bedeute einen Perthit mit Na-Feldspateinlagerungen, die nur röntgenographisch nachweisbar sind.

5. Makroperthit hat meistens auch Gebiete von Mikro- und Kryptoperthit. Mikroperthit hat meistens auch Gebiete von Kryptoperthit (es kommt also bei dieser Definition oft im wesentlichen darauf hinaus, wie groß das Untersuchungsobjekt ist).

6. Bezieht sich das Interesse lediglich auf den Na-Feldspatanteil der Perthite, so wird entsprechend 1. bis 4. von perthitischem Albit, Makro-, Mikro- oder Kryptoalbit gesprochen.

7. Wenn Makro- und Mikroalbit in der gleichen morphologischen Einheit vorhanden ist (was in den meisten der von uns untersuchten Proben der Fall war), so sind beide meist leicht mikroskopisch deutlich unterscheidbar dadurch, daß die Häufigkeit der Albitgrößen als Funktion der Größe nicht eine glatte Kurve ist. Man hat dadurch den Eindruck von „zwei verschiedenen Generationen“ der Perthit-Bildung. Tab. 1 möge diese bekannte Erscheinung zahlenmäßig belegen. Siehe auch Abb. 1.

8. Eine Unterscheidung von Mikro- und Kryptoalbit, ähnlich wie sie sich zwischen Makro- und Mikroalbit aufdrängt, war nicht möglich, weil die Mikroalbit-Anteile meist mit sinkender Größe an Zahl

Tabelle 1. Dicke der Albitlamellen im Perthit von Perth

Lamellendicke in mm	Zahl der Lamellen	Art des perthitischen Albites	Dicke × Anzahl
< 0,002	220	} Mikroalbit	0,44
0,002—0,004	130		0,39
0,004—0,01	90		0,63
0,01 —0,02	40		0,60
0,02 —0,03	8		0,20
0,03 —0,04	2		0,07
0,04 —0,1	0		—
0,1 —0,2	4	} Makroalbit	0,60
0,2 —0,6	16		6,40
0,6 —1,2	18		16,20
1,2 —2,0	6		9,60
2,0 —4,0	4		12,00

Der Dünnschliff [parallel (010)] eines Perthits von Perth wurde auf Linien senkrecht der Schnüre-Richtung durchgemessen. Da der Wert Dicke × Anzahl etwa dem Volumen entspricht, zeigen die Summenwerte der letzten Kolonne, daß der Makroalbit (mit 44,8) den Mikroalbit (mit 2,33) mengenmäßig weit überwiegt.

zunehmen und schließlich mikroskopisch nicht mehr wahrgenommen werden können, also kontinuierlich in solches Material übergehen, welches wir oben Kryptoalbit genannt haben.

III. Untersuchungsmaterial

Für diese Untersuchung benützten wir (mit einer Ausnahme, C. L. 1, Tab. 2) große Mikroclinperthit-, „Kristalle“ (2 cm und größer) bzw. mehrere cm große Spaltstücke von Mikroclinperthit-Kristallen, teilweise aus der Institutssammlung, teilweise von verschiedenen Mineralienhandlungen oder Kollegen erhalten. Es dürfte sich bei diesen Proben in den weitaus meisten Fällen, auch wenn genaue Fundortsangaben fehlen, um Kristalle pegmatitischer Bildung handeln.

IV. Untersuchungsergebnisse

A. Tabellarische Übersicht

Makroskopische, mikroskopische und Röntgen-Beobachtungen wurden in Tab. 2 zusammengestellt. Einige allgemeine Bemerkungen zu den aufgeführten Kolonnen seien vorangestellt. Über verwendete Abkürzungen siehe unten. In der 1. Kolonne findet sich mit ansteigender Numerierung die Institutsnummer und der Fundort (manchmal nicht gerade sehr spezifisch, z. B. „Canada“). Nur in drei Fällen wurde davon abgewichen: Die Perthite von Perth (S 434 und S 377) wurden als Hauptrepräsentanten an den Anfang gestellt und der Mikroclin aus einem Litchfieldit (C. L. 1) an den Schluß.

2. Kolonne: Falls Makroalbit makroskopisch deutlich sichtbar war, wurde dieses angegeben.

3. Kolonne: ρ bedeutet die auf (010) beobachtbare durchschnittliche Richtung des Makroalbites (meist im Dünnschliff gemessen). Der Wert wird, wie üblich, positiv gewählt, wenn ρ von der positiven a -Achsen-Richtung zur positiven c -Achsen-Richtung gemessen ist (Definition von Richtungen nach SCHUSTER, 1881), siehe Abb. 1.

4. Kolonne: Es wurde versucht, die Menge des „sichtbaren“ Albits (Makro- und Mikro-) grob abzuschätzen, um einen ungefähren Eindruck von der Gesamtzusammensetzung zu vermitteln. Der in der Tabelle geschätzte Albit-Anteil bezieht sich nur auf perthitischen Albit; d. h. Albit ohne offenbare Gitterbeziehungen zum Mikroclin (wie z. B. Cleavelandit) wurde für die Schätzung nicht berücksichtigt.

5. Kolonne: Hier bezieht sich ρ auf den Mikroalbit; Definition analog wie unter 3. gegeben.

6. Kolonne: Das in dieser Kolonne gelegentlich angegebene σ bedeutet die röntgenographisch ermittelte Lage des „Rhombischen

Tabelle 2. *Detaillierte Beschreibung der untersuchten Proben*

Nummer und Lokalität	Makroskop. Beschreibung	ρ des Makroalbits in (010)	Mikroskopisches Bild in Schnitten // (001)	ρ des Mikroalbits in (010)	Beschreibung der geröntgten Stücke und Röntgenbefunde	Typ	Kryptoalbit-Gehalt in %
S 434 Perth	Brauner Makroperthit	115°	Ab etwa 40%; Mi sehr fein gegittert bis „homogen“ mit etwa gerader Auslöschung; Mikroalbit-Lamellen etwa // b eben sichtbar	105°	„homogen“, ohne sichtbaren Mikroalbit; leicht verzerrt. Mi-Gesetz mit $b/b^* = 7$; $b^*(P_1)/b^*(P_2) = 4^{\circ}43'$; $\gamma^*(Mi) = 92^{\circ}17'$; $\alpha^*(Kr.Ab) = 86^{\circ}44'$; $\sigma = 97^{\circ}20'$	I	1,3
S 377 Perth?	Brauner Makroperthit	115°	wie oben	105°	wie oben	I	1,3
S 136 Crystal Peak, Colorado	grün	110°	Vorwiegend A-Gesetz mit scharfen Grenzen, gelegentlich Mi-Gesetz mit diffusen Grenzen. Relativ wenig Ab (weniger als ~ 5%)	105°	1. A-Gesetz $\gamma^*(Mi) = 92^{\circ}18'$ $\alpha^*(Mi) = 90^{\circ}22'$ 2. Gegittert: Mosaikorientierung, um A-Gesetz schwankend	II	0,3
S 333 Keystone S.Dacota U.S.A.	weiß	120°	Etwas wie oben, aber P-Gesetz etwas deutlicher ausgeprägt	111°	1. Teil einer A-Gesetz-Lamelle $\gamma^*(Mi) = 92^{\circ}14'$ $\alpha^*(Mi) = 90^{\circ}20'$ 2. Gegittert, vorwiegend nach P-Gesetz. Röntgenbefund: Scharfe Punkte idealer P-Verzwilligung, davon ausgehend P-A-Schwänze	-	1)
S 373 Hoegtevitt Evje Norwegen	hellgelblich-grau; 0,1-0,2 mm, dicke Makroperthitschnüre	115°	Ca. 10-15% Ab; Mi ist ein Einkristall (keine Gitterung auf der Schlißfläche von etwa 10 cm ² sichtbar)	108°	Teil ohne sichtbaren Albit	II ²	0,5
S 435 Canada	hellgrüner Makroperthit	116°	Ab etwa 25%; Mi zeigt folgende Bereiche: a) „homogen“, Ausl. 0° b) fein verzwilligt nach Mi-Gesetz c) " " " P-Gesetz d) " " " A-Gesetz b) bis d) zeigt oft diffuse Zwilling-Grenzen (s. Abb.3)	104°	a) Röntgenbefund: Mi-Gesetz + mkl. Reflexe und A_1-P_1 , A_2-P_2 b) vorwiegend P-Gesetz; Röntgenbefund: Mi-Gesetz, leicht verzerrt, P-Reflexe scharf, A-Reflexe diffus, A-P relativ stark, A-A schwächer, P-P ganz schwach, keine mkl-Reflexe c) Röntgenbefund: nur (scharfe) P-Reflexe a, b und c ergaben $\gamma^*(Mi) = 92^{\circ}16'$ $\alpha^*(Kr.Ab) = 86^{\circ}41'$ $\sigma = 97^{\circ}20'$ d) Röntgenbefund: Nur A-Reflexe; A_1-A_2 -Striche	I	1,3 0,8 0,8
S 436 S.Afrika	blaugrün	115°	Ab etwa 5-10%; Mi zeigt eine Orientierung bevorzugt, mit relativ wenig dünnen P-Lamellen und mit noch weniger A-Lamellen. Plattenalbit (wenig) ist beobachtbar	106°	1. Unverzwilligtes Stück $\gamma^*(Mi) = 92^{\circ}15'$ $\alpha^*(Mi) = 90^{\circ}20'$ 2. Gegittertes Stück. Von den vier Orientierungen sind nur die Reflexe von P_1 scharf mit diffusen P_2-A_1 -Schwänzen; P_2-A_2 -Schwänze und monokline Punkte $\gamma^*(Mi) = 92^{\circ}13'$ $\alpha^*(Mi) = 90^{\circ}25'$	II ⁴ 5)	0,2 1,0
S 455	anderer Kristall der Stufe S 456		Beschreibung wie S 456		Unverzwilligtes Stück $\gamma^*(Mi) = 92^{\circ}13'$ $\alpha^*(Mi) = 90^{\circ}19'$	II	0,3

1 Ab nicht beobachtbar; falls vorhanden, weniger als 0,02
2 mit sehr schwacher Tendenz nach Typ I

3 Ab-Reflexe nur einem A-System zugeordnet

4 und leichte Tendenz in Richtung I
5 wegen Mosaikbau nicht entscheidbar

Tabelle 2. (Fortsetzung)

Nummer und Lokalität	Makroskop. Beschreibung	ϱ des Makroalbits in (010)	Mikroskopisches Bild in Schnitten // (001)	ϱ des Mikroalbits in (010)	Beschreibung der geröntgten Stücke und Röntgenbefunde	Typ	Kryptoalbit-Gehalt in %
S 456 Bancroft, Ontario	grau-weiße idiomorphe Drusen-Kristalle (mehrere cm dick)	114°	Etwas 40% Ab (nach dem Zentrum hin zunehmend); Mi vorwiegend nach A-Gesetz verzwillingt mit meist scharfen Grenzen; stellenweise auch P-Gesetz mit diffusen Grenzen (dann gegittert)	106°	1. Unverzwillingtes Stück $\gamma^*(\text{Mi}) = 92^\circ 17'$ $\alpha^*(\text{Mi}) = 90^\circ 26'$ 2. Mi-Gesetz, vorwiegend P-Gesetz. Die beiden P-Orientierungen geben scharfe Reflexe, die A-Verzwillingung äußert sich nur durch diffuse P_1-A_1 bzw. P_2-A_2 -Schwänze $\alpha^*(\text{Kr. Ab}) = 86^\circ 31'$ 3. Nur nach A-Gesetz verzwillingt, diffuse Grenzen	II I 6)	0,2 1,3 0,6
S 463 Varuträsk	rötlich-weiß	113°	Etwas 5% Ab; Mi nach Mi-Gesetz verzwillingt, etwa gleich viel A_1 , A_2 , P_1 , P_2 -Orientierungen; die Zwillingsgrenzen sind scharf oder diffus (s. Abb. 2)	103°	1. A-Gesetz; Grenzteil einer breiten Doppel-Lamelle mit scharfen Grenzen $\gamma^*(\text{Mi}) = 92^\circ 10'$ $\alpha^*(\text{Mi}) = 90^\circ 25'$ 2. A-Gesetz; viele feine Lamellen mit relativ scharfen Grenzen 3. A-Gesetz; diffuse Grenzen 4. Vorwiegend P-Gesetz; diffuse Grenzen	II II ⁷ 8) 9)	0,3 0,2 1,3 <0,02
S 464 Puffotter, S.W. Afrika	blaugrün	112°	Etwas 5-10% Ab; Mi vorwiegend nach A-Gesetz verzwillingt, meist mit scharfen Grenzen; gelegentlich auch P-Gesetz (gekreuzte Verzwillingung) mit diffusen Grenzen	106°	1. Einkristall von breiter Lamelle (nach A-Gesetz verzwillingt). $\gamma^*(\text{Mi}) = 92^\circ 04'$ $\alpha^*(\text{Mi}) = 90^\circ 24'$ 2. Mi-Gesetz (mit einigen Mikro-Ab-Lamellen) $\alpha^*(\text{Ab}) \approx 87^\circ$	II 1 ¹⁰	<0,05 5,0 ¹¹
S 465 Kragersø, Norwegen	hellgrauer Makroperthit	114°	Etwas 5-10% Ab; Mi vorwiegend nach A-Gesetz fein verzwillingt, meist mit scharfen Grenzen; gelegentlich Gebiete nach Mi-Gesetz mit diffusen Grenzen	107°	1. A-Gesetz; relativ breite Lamellen (0,02 mm dick); scharfe Grenzen; bis Röntgenbefund: Scharfe Reflexe nach A-Gesetz $\gamma^*(\text{Mi}) = 92^\circ 10'$ $\alpha^*(\text{Mi}) = 90^\circ 25'$ 2. A-Gesetz; Lamellen viel feiner als 1.; Röntgenbefund: Von den Reflexen der A-Orientierungen intensive diffuse Schwärzungen ausgehend in Richtung $A_1 \rightarrow P_1$ bzw. $A_2 \rightarrow P_2$ 3. A-Gesetz mit diffusen Grenzen; Röntgenbefund: vorwiegend A_1-P_1 - und A_2-P_2 -Schwärzungen anstatt definierter Reflexe 4. Mi-Gesetz	I II 1 ¹² 1 ¹³ I-II	0,08 0,3 1,7 1,7
S 470 Florissant, Colorado	Drusen-Kristall leicht grünlich und rötlich	111°	~25% Ab; Mi nach Mi-Gesetz fein gegittert. Zwillingsgrenzen teils scharf, teils diffus	109°	1. A-Gesetz (fein verzwillingt); scharfe Grenzen $\gamma^*(\text{Mi}) = 92^\circ 08'$ $\alpha^*(\text{Mi}) = 90^\circ 27'$ 2. A-Gesetz; diffuse Grenzen	- I-II	14) 0,2
S 471 SW-Afrika ¹⁵	bläulich-grün	114°	Etwas 5% Ab; Mi sehr fein gegittert, vorwiegend nach P-Gesetz	108°	Von den scharfen Reflexen der P-Orientierungen diffuse Schwärzungen in Richtung $P_1 \rightarrow A_1$ und $P_2 \rightarrow A_2$ ausgehend	I	1,3

6 zwischen I und II

7 und etwas I

8 zwischen II und I

9 Ab-Gehalt zu gering, um eine Entscheidung treffen zu können

10 mit schwacher Tendenz nach II

11 relativ großer Ab-Gehalt wegen Mikro-Ab-Lamellen

12 mit Tendenz nach II

13 mit ganz schwacher Tendenz nach II

14 Ab nicht beobachtbar; falls vorhanden <0,05

15 Lokalität unbekannt, aber nicht wie S 464

Tabelle 2. (Fortsetzung)

Nummer und Lokalität	Makroskop. Beschreibung	ϱ des Makroalbits in (010)	Mikroskopisches Bild in Schnitten $\parallel(001)$	ϱ des Mikroalbits in (010)	Beschreibung der geröntgten Stücke und Röntgenbefunde	Typ	Kryptoalbit-Gehalt in %
S 484 Numbana, Australien	weißer Makroperthit	108°	Ca. 15% Ab (relativ viel Mikro-Ab); Mi gegittert mit Domänen bis zu 0,4 mm dick; meist diffuse Grenzen	106°	1. Teil aus breiter A-Gesetz-Lamelle $\gamma^*(\text{Mi}) = 92^\circ 10'$ $\alpha^*(\text{Mi}) = 90^\circ 21'$ 2. Teil mit mehreren dünnen A-Gesetz-Lamellen, scharfe Grenzen 3. Gegittert mit diffusen Grenzen (+ Mikro-Ab)	19)	0,5 1,0 1,7
S 486 Mt. Marion, Australien	weißer Makroperthit	113°	Ca. 5-10% Ab; Mi gegittert mit stark variabler Domänengröße (bis zu 0,3 mm dick); „Platten-Perthit“ wie bei S 477	107°	1. Teil aus breiter A-Gesetz-Lamelle (+ etwas Mikro-Ab) $\gamma^*(\text{Mi}) = 92^\circ 21'$ $\alpha^*(\text{Mi}) = 90^\circ 16'$ 2. Mehrere A-Gesetz-Lamellen mit sehr diffusen Grenzen (+ Mikro-Ab)	II ²⁰	1,7 3,0
S 487 London-derry, Australien	weißer Makroperthit	114°	Ca. 10% Ab; Mi gegittert mit stark variabler Domänengröße (meist 0,02 mm, aber auch bis zu 0,3 mm dick)	107°	1. Grenzstück zweier breiter A-Gesetz-Lamellen mit scharfer Grenze $\gamma^*(\text{Mi}) = 92^\circ 09'$ $\alpha^*(\text{Mi}) = 90^\circ 27'$ 2. Teil von A-Gesetz-Lamelle mit un-dulüser Auslöschung (+ Mikro-Ab) 3. Viele feine A-Gesetz-Lamellen mit scharfen Grenzen (+ Mikro-Ab) $\alpha^*(\text{Ab}) = 86^\circ 50'$	I ²¹	0,2 2,5 1,7
S 488 Ravens-thorpe, Australien	weiß	111°	Ca. 5-10% Ab (viel Mikro-Ab); Mi gegittert, A-Gesetz vorherrschend, mit starker Bevorzugung <u>einer</u> Orientierung	109°	Teil aus einer breiten Lamelle (+ Mikro-Ab) $\gamma^*(\text{Mi}) = 92^\circ 12'$ $\alpha^*(\text{Mi}) = 90^\circ 22'$	II (+1)	2,5
S 496 100 m N von Har-pentjern, Snaurn, Norwegen	dunkelrötlich-bräuner Makroperthit (ca. 1mm breite Perthit-schnüre)	115°	Ca. 25-30% Mikro-Ab; dazu <u>sehr</u> feiner Mikro-Ab. Mi sehr fein gegittert bis homogen erscheinend. Eine Orientierung vorherrschend mit mittleren Auslöschungen, von 0 bis 10° schwankend. [Der Makro-Ab ist normaler Albit (tief)]	108°	1. Sehr feine Gitterung (diffuse Grenzen); Röntgenbefund: Diffuse Reflexe, vorwiegend nach A-Gesetz. $\gamma^*(\text{Mi}) \approx 91,5^\circ$ $\alpha^*(\text{Mikro-Kr.Ab}) = 87^\circ 0'$ 2. Gitterung leicht angedeutet, Auslöschung $\approx 0^\circ$; Röntgenbefund: „monoklin“ mit „triklinen Schwänzen“ $\alpha^*(\text{Mikro-Kr.Ab}) = 86^\circ 57'$ 3. ungegittert mit 10° Auslöschung; Röntgenbefund: Nur <u>eine</u> triklin Orientierung des Mi; Ab zeigt zwei Orientierungen nach A-Gesetz $\gamma^*(\text{Mi}) = 91^\circ 33'$ $\alpha^*(\text{Mi}) = 90^\circ 15'$ $\alpha^*(\text{Mikro-Kr.Ab}) = 87^\circ 6'$	I I I	1,0 1,7 1,7
S 1277 Yxajoeberg, Schweden	grünlich, nahezu wasserklarer, idiomorph ausgebildeter Kristall aus Erzgang (mit Helvin, Quarz, Magnetkies, Kupferkies usw.)	114°	Ca. 5% (oder weniger) Ab, vorwiegend als Mikro-Ab; Mi fein verzwilligt, vorwiegend nach A-Gesetz; gelegentlich mit Domänen von bis zu 0,2 mm Dicke und scharfen Grenzen, in welchen Platten-Perthit beobachtbar ist	108°	1. Sehr fein gegittert, optisch fast homogen („monoklin“) erscheinend; Röntgenbefund: Ideales Mi-Gesetz mit $\gamma^*(\text{Mi}) = 92^\circ 15'$, zusätzlich „monokline“ Reflexe, durch diffuse Schwärzungen mit α en A- und P-Reflexen verbunden; A_1 -P- und A_2 -P ₂ -Schwärzungen auch vorhanden $\alpha^*(\text{Mikro-Kr.Ab}) = 86^\circ 48'$	I	1,7

19 Zwischen I und II

20 und diffuse Schwärzungen in Richtung I

21 und wenig diffuse Schwärzung in Richtung I

Tabelle 2. (Fortsetzung)

Nummer und Lokalität	Makroskop. Beschreibung	ρ des Mikroalbits in (010)	Mikroskopisches Bild in Schnitten // (001).	ρ des Mikroalbits in (010)	Beschreibung der geröntgten Stücke und Röntgenbefunde	Typ	Kryptoalbit-Gehalt in %
S 1277 (Forts.)					2. Stück aus einer breiten Lamelle (etwas Mikro-Ab sichtbar) $\gamma^*(\text{Mi}) = 92^\circ 10'$ $\alpha^*(\text{Mi}) = 90^\circ 24'$	II ²²	1,7
					3. Stück aus breiter Lamelle (ohne sichtbaren Mikro-Ab). Näheres in der Beschreibung des Typs II (Abschnitt IV, E) $\alpha^*(\text{Kr. Ab}) \approx 88^\circ$	nur II	2,0
C.L.1 Blue Mountains, Ontario	Litchfieldit (weißes Gestein aus Ab, Mi und Nephelin bestehend)		Mi-Körner etwa 1 mm Durchmesser, diffus gegittert, oder auch optisch monoklin erscheinend. In einigen Mi-Körnern beobachtet man relativ scharf begrenzte Ab-Anteile die jedoch nicht wie „Perthit“-Entmischungen, sondern eher wie „Belikte“ aussehen; sonst kein sichtbarer perthitischer Ab.		1. optisch monoklin; Röntgenbefund: „ausgeglichenes“ aber „verzerrtes“ Mi-Gesetz, mit $b/b^* = 19'$ $b^*(P_1)/b^*(P_2) = 4^\circ 37'$ $\gamma^*(\text{Mi}) = 92^\circ 15'$ $\alpha^*(\text{Kr. Ab}) \approx 86^\circ 30'$ $\sigma = 98^\circ 10'$	I ²³	0,3
					2. diffus gegittert (anderes Korn); Röntgenbefund: wie oben	I ²³	0,3

²² und diffuse Schwärzung in Richtung I

²³ mit schwacher Tendenz in Richtung II

Schnittes“. Richtungssinn von σ analog wie oben unter 3. für ρ definiert. Über weitere in dieser Kolonne benützte Abkürzungen siehe unten.

7. Kolonne: Orientierungstypen, Erklärung siehe Abschnitt IV, E.

8. Kolonne: Abschätzung¹ des nur röntgenographisch erkennbaren Kryptoalbits (gelegentlich etwas höher in Erscheinung tretend infolge unvermeidlichen Mikroalbit-Anteiles der geröntgten Probe).

Im folgenden werden einige in der Tabelle benützte Abkürzungen und Begriffe zusammengestellt:

a) Ab = Albit

Mi = Mikroclin

A-Gesetz = Verzwillingung nach Albit-Gesetz, (010)

P-Gesetz = Verzwillingung nach Periklin-Gesetz, [010]

Mi-Gesetz = Verzwillingung nach Albit- und Periklin-Gesetz
[siehe b]

¹ Die Abschätzung erfolgte visuell durch Vergleich der Reflexionsintensitäten von (400) des Albits mit (420) des Mikroklines (unter Berücksichtigung des Intensitätsfaktors 6:1 für die α : β -Strahlung; alle Aufnahmen wurden mit Cu-Strahlung gemacht). Zur Eichung dieses Verfahrens wurde eine Aufnahme von einer Probe gemacht, welche aus gleich viel Mikroclin und Makroalbit (orientiert verwachsen) bestand. Da anzunehmen ist, daß das Reflexionsvermögen des Kryptoalbits relativ geringer sein kann als das von Makroalbit, sind die angegebenen Zahlenwerte vielleicht etwas zu niedrig. Fehler von der Größenordnung eines Faktors 2, besonders bei den niedrigen Gehalten, werden als durchaus möglich angesehen.

- b) *Ideales Mi-Gesetz* liegt dann vor, wenn vier und nur vier Mi-Orientierungen beobachtet werden, die folgende Beziehungen zueinander haben: Zwei Orientierungen nach dem A-Gesetz und zwei Orientierungen nach dem P-Gesetz derart, daß die b -Achse des P-Gesetzes senkrecht auf (010) des A-Gesetzes steht, abgekürzt: $b(P) = b^*(A)$ (genaue Beschreibung bei LAVES, 1950).
- c) „*Verzerrtes*“ *Mi-Gesetz* liegt dann vor, wenn $b(P) \neq b^*(A)$ ist, d. h. wenn die Richtungen $b(P)$ und $b^*(A)$ nicht zusammenfallen. Der Winkel zwischen diesen Richtungen wird in der Tab. 2 als



Abb. 1. Dünnschliff parallel (010) des Mikroclinperthits S 434; Perth. Gekreuzte Nicols, $19\times$. Parallel der im Bild horizontal liegenden Spaltbarkeit von (001) läuft die a -Achse [man schaut auf die Fläche (010)]. Der Makroalbit ($\varrho \approx +113^\circ$) verläuft praktisch parallel der c -Achse, während der Mikroalbit ($\varrho \approx +105^\circ$) davon deutlich abweicht. (Der Albit erscheint hier hell). Eine eingehendere Beschreibung des Materials ist in Tab. 2 gegeben.

- d) b/b^* angegeben (vgl. hierzu LAVES und SOLDATOS, 1962a). (Dieser Winkel wird bis zu $20'$ gefunden).
- e) $\alpha^*(\text{Kr.Ab})$ und $\gamma^*(\text{Kr.Ab})$ bedeuten die Winkel $(010) \wedge (001)$ und $(010) \wedge (100)$ des Kryptoalbit. $\gamma^*(\text{Kr.Ab})$ ließ sich meist nicht messen.

- f) $\alpha^*(\text{Mi})$ und $\gamma^*(\text{Mi})$ haben analoge Bedeutungen, auf den Mikroklin bezogen. Bei nach Mi-Gesetz verzwilligtem Material ließ sich $\alpha^*(\text{Mi})$ oft nicht messen.
- g) ϱ, σ sind oben, Punkt 3., 5. und 6. definiert.
- h) „Scharfe Grenzen“ liegen dann zwischen zwei verzwilligten Domänen vor, wenn z. B. in Schliften // (001) beobachtet wird, daß beide Teile einheitlich und zueinander symmetrisch liegende Auslöschung (meist die maximale von etwa 19°) besitzen (Abb. 2 und 3).
- i) „Diffuse Grenzen“ liegen dann vor, wenn die Auslöschung kontinuierlich von einem Zwillingsteil in den anderen Zwillingsteil übergeht (Abb. 2 und 3).

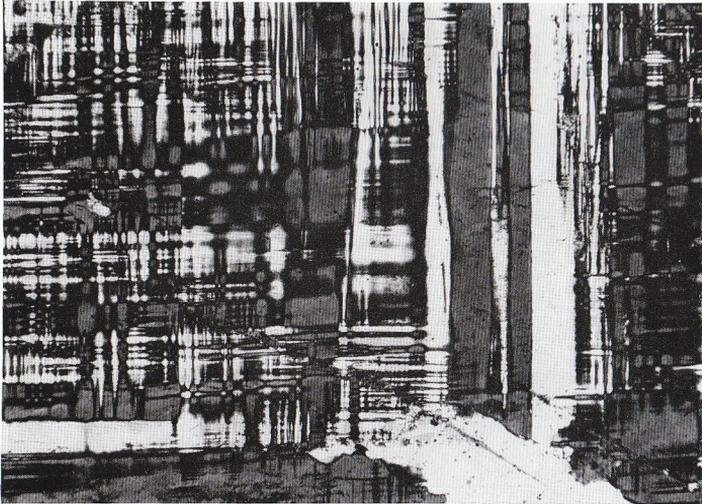


Abb. 2. Dünnschliff parallel (001) des Mikroklinperthits S 463; Varuträsk. Gekreuzte Nicols, $47\times$. Man beachte den Unterschied „diffuser“ Grenzen (Mitte) und „scharfer“ Grenzen (im rechten Teil des Bildes). Die Vertikale des Bildes entspricht der Spur von (010). Eine eingehendere Beschreibung des Materials ist in Tab. 2 gegeben.

- j) A-P bzw. A_1-P_1 usw. bedeutet „verbindende“ Schwärzungen zwischen den Reflexen gleicher Absolut-Indizes, deren Lagen durch das in b) und c) definierte Mi-Gesetz bestimmt sind. Dabei bedeuten A_1 und P_1 bzw. A_2-P_2 solche Reflexe, die gleiche (nicht nur absolut gleiche) Indizes besitzen, während A_1-A_2 die relativen Beziehungen von hkl und $\bar{h}\bar{k}l$ der nach dem A-Gesetz verzwilligten Orientierungen ausdrücken, und P_1-P_2 die entsprechenden für nach dem P-Gesetz verzwilligten Orientierungen bedeuten. Eine ausführliche Beschreibung dieser Beziehungen wurde von LAVES (1950) gegeben.

B. Makroperthit

Um die Orientierungsbeziehungen zwischen Mikroclin und Makroalbit (in den hier beschriebenen Proben immer deutlich sichtbar nach dem Albit-Gesetz verzwillingt derart, daß die „Rechts“- und „Links“-Anteile mengenmäßig etwa gleich stark vertreten sind) zu kontrollieren, wurden von den in Tab. 2 aufgeführten Proben sechs wahllos für eine nähere Untersuchung herausgegriffen. Es wurden für die Untersuchung aus Dünnschliffen solche Teile herausgeschnitten, welche etwa zu gleichen Teilen aus Mikroclin und Makroalbit bestanden und in welchen der Mikroclin entweder optisch „monoklin“



Abb. 3. Dünnschliff parallel (001) des Mikroclinperthits S 435; „Canada“. Gekr. Nicols, $47\times$. Dünne Lamellen, teils scharf, teils diffus; unten Makro-(Ader-)Albit, nach Albit-Gesetz verzwillingt. Man beachte die dunklen Gebiete, welche eine einheitliche Auslöschung infolge submikroskopischer Verzwilligung besitzen (optisch „monoklin“). Eine eingehendere Beschreibung des Materials ist in Tab. 2 gegeben.

oder sehr fein gegittert war. Tab. 3 zeigt die Ergebnisse: Mit Ausnahme von S 434 ist der Albit in allen Fällen derart orientiert, daß b^* des Albits mit b^* des nach dem A-Gesetz verzwilligten (bzw. mit b des nach dem P-Gesetz verzwilligten) Mikroclins zusammenfällt. Dies Ergebnis war zu erwarten, denn eine solche Beziehung „sieht“ man ja auch im allgemeinen bereits bei optischer Betrachtung im Polarisationsmikroskop. Immerhin ist erstaunlich, wie exakt diese

Tabelle 3. Orientierungsbeziehungen zwischen Makroalbit und Mikroklin

	$b^*_{\text{MI}} \wedge b^*_{\text{Ab}}$	$\eta = [100]_{\text{MI}} \wedge [100]_{\text{Ab}}$	
S 434	20'	- 11'	Makroperthit
S 435	0	- 28'	Makroperthit
S 475	0	- 31'	Makroperthit
S 476	0	- 55'	Makroperthit
S 474	0	- 42'	Makroperthit (Mi gegittert)
S 474	0	- 55'	Makroperthit (Mi optisch „monoklin“ + string-Perthit)
Mittel		- 37'	

Die η -Werte (definiert im Text) lassen sich leicht mit einer Fehlergrenze von etwa $\pm 3'$ aus „Orientierungsaufnahmen“ mit der Buerger-Precession-Camera ermitteln, z. B. wenn $\mu = 10^\circ$ gewählt und ohne „layer-line-screen“ gearbeitet wird (Aufnahmedauer etwa 20 Minuten).

Orientierungsbeziehung ist, wenn man bedenkt, daß Auslöschungsmessungen im Mikroskop nicht die hier röntgenographisch erreichte Genauigkeit ergeben können. Interessant ist hingegen, daß die a -Achsen des Albites und Mikroklines *nicht* zusammenfallen, sondern voneinander in dem gleichen Sinne abweichen, wie es von LAVES (1952) für Kryptoperthite gefunden wurde, deren K-Feldspat-Komponente „monoklin“ war. Während damals die Abweichung für einen Kryptoperthit $\eta = -60'$ (auf den Winkel zwischen den a -Achsen bezogen) gefunden wurde, ergibt sich hier für den Mikroklin-Makroperthit als Mittelwert $\eta = -37'$ (zwischen $-11'$ und $-55'$ streuend).

Bei der Probe S 434 (Lokalität: Perth) wurde ein leicht abweichendes Verhalten gefunden (s. Tab. 3). Diese Abweichung [$b^*(\text{Mi}) \wedge b^*(\text{Ab}) = 20'$] erklärt sich leicht durch die mikroskopische Beobachtung, daß offenbar durch Druckeinwirkung die Albit-Schnüre leicht geschert deformiert erscheinen (die Auslöschung ist S-förmig wandernd von der einen zur anderen Seite der Albit-Schnüre verlaufend).

C. Mikroperthit

Aus 4 Perthiten wurden 5 Einzelproben geschnitten, in welchen der Albit im Mikroclin als Mikroalbit vorlag (ohne Makroalbit). Auch hier wurden solche Stellen gewählt, in welchen der Mikroclin entweder optisch „monoklin“ oder sehr fein gegittert war. Vier der Proben entsprachen einem „film-perthite“ im Sinne ANDERSENS (1928), eine Probe war in einer Weise ausgebildet, für welche ANDER-

Tabelle 4. Orientierungsbeziehungen zwischen Mikroalbit und Mikroclin

	$b^*_{\text{MI}} \wedge b^*_{\text{Ab}}$	$\eta = [100]_{\text{MI}} \wedge [100]_{\text{Ab}}$	
S 434	15'	— 63'	Mikroperthit („film“)
S 434	0	— 65'	Mikroperthit („film“)
S 475	0	— 64'	Mikroperthit („film“)
S 476	0	— 63'	Mikroperthit („film“)
Mittel		— 64'	
S 474	0	— 45'	Mikroperthit („string“)

SEN den Namen „string perthite“ eingeführt hat. Tab. 4 gibt die Resultate. Die Orientierungsbeziehungen sind im Prinzip die gleichen wie die für die Makroperthite gefundenen, η ist für die Film-Perthite jedoch im Mittel (bei geringerer Streuung) etwas größer, und zwar = —64'. Der String-Perthit ergab $\eta = -45'$.

D. Plattenperthit

In einigen der in Tab. 2 angeführten Mikroclinperthite wurde mikroskopisch eine Ausbildung des Albites vorgefunden, welche vielleicht mit der von WARREN (1915, S. 131) kurz erwähnten und von GOLDICH und KINSER (1939, Fig. 3) beschriebenen identisch ist. In solchen Teilen der Proben, welche vorwiegend „einkristallinen“ Charakter haben, sieht man gelegentlich in Schlifflinien // (001) „wolkige“ Albit-Anreicherungen, welche sehr dünn im Mikroclin eingelagert sind derart, daß eine Auslöschung nicht beobachtet werden kann, sondern beim Drehen des Präparates sich lediglich die Interferenz-Farben ändern. In Schlifflinien parallel (010) erkennt man plattige Albit-Einschlüsse etwa parallel den Spuren von (001). Die Erscheinung wurde in folgenden Proben beobachtet: S 477, S 478, S 486, S 1277 und S 436.

Röntgenographisch wurde festgestellt, daß die Orientierung des Plattenalbites zu der des Mikroclines „gleichsinnig“ ist in der Weise, daß die positiven a -, b - und c -Richtungen (von kleinen Winkeldifferenzen in der Größenordnung einiger Grade abgesehen) zusammenfallen, wenn für Albit die traditionelle Aufstellung ($\alpha^* < 90^\circ$) und für Mikroclin die von LAVES (1951) vorgeschlagene ($\alpha^* > 90^\circ$) Aufstellung gewählt wird. Dies bedeutet, daß die Al/Si-Verteilung in beiden Komponenten dieses Perthites topologisch identisch orientiert ist.

Eine genauere Beschreibung der röntgenographisch ermittelten gegenseitigen Orientierungen mit Mikrophotos erfolgt gesondert (LAVES und SOLDATOS, 1962 b).

E. Kryptoperthit

Von den in Tab. 2 aufgeführten 27 verschiedenen Mikroklinperthiten wurden über 60 Kristallteile aus Dünnschliffen herauspräpariert und röntgenographisch untersucht. Die Einzelergebnisse sind in Tab. 2. mitgeteilt. Die Auswertung dieses relativ großen Materials, welches vom statistischen Standpunkt aus als repräsentativ angesehen werden darf, ergab folgendes:

Es wurden zwei Hauptfälle gegenseitiger Orientierung des kryptoperthitischen Albites und des Mikroklines gefunden, die als Typ I und Typ II beschrieben seien. Alle untersuchten Proben — sofern sie

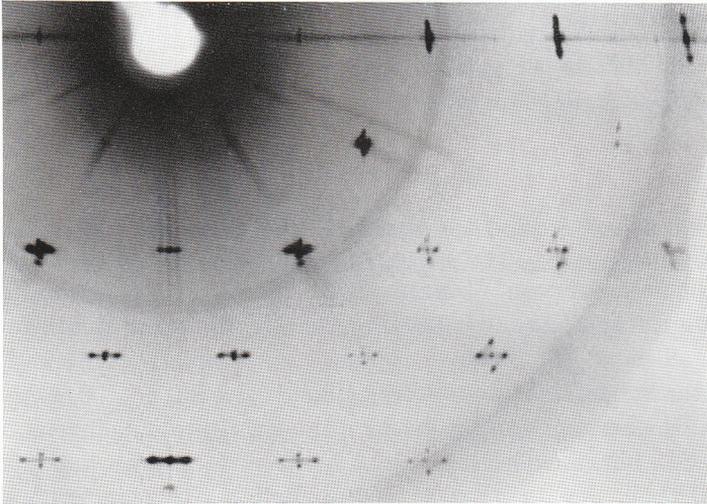


Abb. 4. Precession-Aufnahme mit c als Präzessionsachse. Die b^* -Richtungen verlaufen nach rechts, die a^* -Richtungen nach unten. Nur auf der mittleren a^* - und der mittleren b^* -Richtung sind Albit-Reflexe beobachtbar (siehe z. B. den untersten Reflex der Abbildung). Ausscheidungstyp I.

überhaupt Albit-Reflexe erkennen ließen² — entsprechen dem Typ I oder dem Typ II oder zeigten intermediäre Tendenzen zwischen diesen beiden Typen.

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 schließ-

² Gelegentlich mußte die Belichtungszeit bis zu 100 Stunden ausgedehnt werden, um Albit-Reflexe sichtbar zu machen (Cu-Strahlung, 40 kV, 16 mA).

lich der Mikroclin nach Albit- und Periklin-Gesetz fein verzwillingt (meist als „gittertes“ Material im Mikroskop erkennbar; gelegentlich aber auch nur röntgenographisch feststellbar, optisch also „monoklin“ erscheinend), dann fällt b^* (Albit) mit b^* (Mikroclin) der nach dem Albit-Gesetz verzwilligten Domänen *und* b (Mikroclin) der nach dem Periklin-Gesetz verzwilligten Domänen zusammen.

In allen untersuchten Proben, in welchen der Typ I beobachtet wurde, wurde der kryptoperthitisch ausgeschiedene Albit immer nur in den zwei Orientierungen gefunden, welche Albit-Gesetz-Beziehung aufweisen.

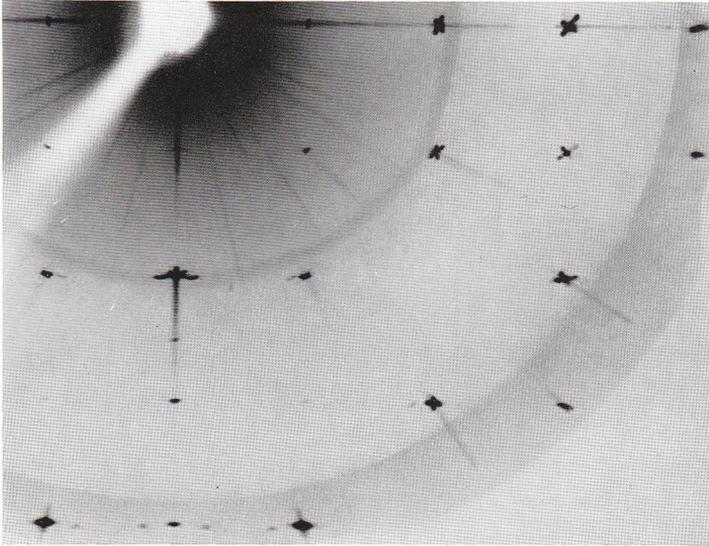


Abb. 5. Precession-Aufnahme mit a als Präzessionsachse (gleicher Kristall wie für Abb. 4). Die b^* -Richtungen verlaufen nach rechts (die Reflexe als „Kreuze“ in Erscheinung tretend, da nur die b^* -Achse der nach dem Albit-Gesetz verzwilligten Anteile in der 0. Schicht liegend durch die Precession-Anordnung unverzerrt abgebildet wurde), die c^* -Richtungen nach unten. Man beachte die symmetrischen (Albit-Gesetz) Albit-Ausscheidungen, deren Reflexe als Satelliten rechts und links der Mikroclin-Reflexe ($00l$) — besonders deutlich beim (004) Reflex an der untern Grenze der Abbildung — in Erscheinung treten. Ausscheidungstyp I.

Abb. 4 und 5 zeigen Precession-Aufnahmen mit der c - und a -Achse des nach dem Albit-Gesetz verzwilligten Mikroclin-Anteiles als Präzessionsachsen. Diese Art von Aufnahmen illustriert die gegenseitigen Orientierungsbeziehungen in einfacher und anschaulicher Weise.

Zusätzlich sei erwähnt, daß bei den untersuchten Proben dieses Typs a (Albit) mit a (Mikroclin) nicht exakt zusammenfällt. Als Winkel

zwischen diesen a -Achsen-Richtungen wurden Werte von $-60'$ bis $-65'$ gefunden, d. h. praktisch die gleichen η -Werte, wie sie von LAVES (1952, S. 565/6) für „monoklinen“ Kryptoperthit vom Mondsteintyp beschrieben wurden, also von Material, dessen kalireiche Wirtkomponente auch röntgenographisch monoklin erscheint, falls man von den diffusen Schwärzungen absieht, welche bei lang belichteten Aufnahmen von den relativ scharfen und monoklin indizierbaren Reflexen ausstrahlen.

Die gleichen Winkelbeziehungen wurden auch beim Mikroperthit gefunden (siehe oben, Abschnitt C).

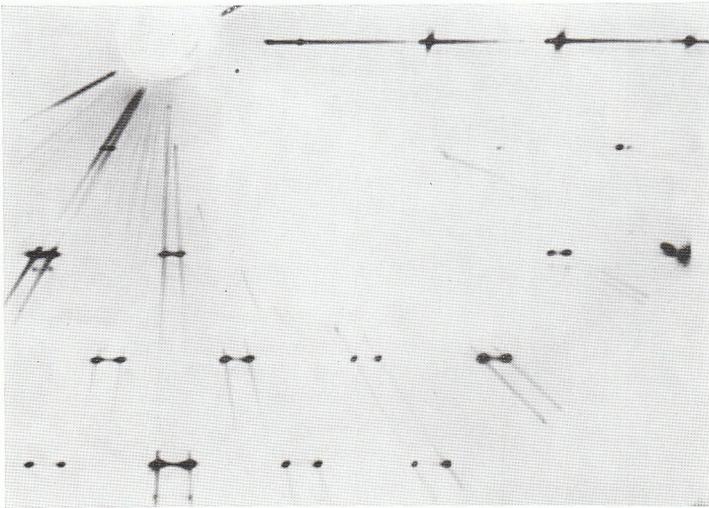


Abb. 6. Precession-Schwenk-Aufnahme mit c als Präzessionsachse, wie in Abb. 4. Man beachte den Unterschied der Lage der Albit-Ausscheidungen in den beiden Aufnahmen. Um Belichtungszeit zu sparen, wurde hier infolge der Schwenkmethode nur ein Teil der $hk0$ -Reflexe erfaßt. Ausscheidungstyp II.

Es fällt auf, daß α^* des Kryptoalbits meist wesentlich größer ist als α^* des sichtbaren Albits. Tab. 2 zeigt Werte zwischen $86^\circ 30'$ und $87^\circ 06'$ (als Mittelwert der Messungen von 15 verschiedenen Proben ergibt sich $86^\circ 48'$), wohingegen der entsprechende Wert von sichtbarem Albit etwa gleich $86^\circ 20'$ ist. Dies weist auf einen erheblichen Einfluß des Mikroclin-Wirtgitters auf die Zellparameter des kryptoperthitischen Albites hin, wie er auch schon früher bei Mondsteinen diskutiert wurde (LAVES, 1952, S. 563 ff).

Typ II ist dadurch charakterisiert, daß α^* (Kryptoalbit) mit α^* (Mikroclin) zusammenfällt, d. h. beide Substanzen haben (100)

gemeinsam (siehe Abb. 6). Da $\alpha(\text{Albit}) \neq \alpha(\text{Mikroclin})$ ist (die Werte sind etwa $94^\circ 20'$ und $90^\circ 40'$), kann höchstens *eine* der beiden in (100) liegenden kristallographischen Hauptachsen b oder c beiden Materialien gemeinsam sein. Da Proben des Typs II meist nur sehr geringe Mengen von Kryptoalbit haben, sind sehr lange Belichtungszeiten nötig gewesen, die Orientierung einigermaßen festzulegen. Es gelang dies durch eine Auswertung der Unsymmetrie, mit welcher korrespondierende Punkte auf Precession-Aufnahmen erscheinen, wenn die Präzessionsachse nicht genau eingestellt ist³. Die Auswertung ergab $c(\text{Kr.Ab}) \wedge c(\text{Mikr.}) \approx -55'$.

Bei diesem Typ II ist die Differenz der Absolutwerte $a^*(\text{Kr.Ab}) - a^*(\text{Mikr.})$ meist etwas größer als die entsprechende Differenz beim Typ I. Dies dürfte folgenden Grund haben: Im Typ II ist der Albit zum Mikroclin derart orientiert, daß (100) von Gast und Wirt praktisch parallel liegt. Mikroclin hat etwas größere b - und c -Parameter als Albit. Der Mikroclin wird daher auf den Albit derart einwirken, daß das (100)-Netz des Albites etwas ausgedehnt wird, was durch einen kleineren (100)-Netzebenenabstand im Albit-Material kompensiert werden muß, damit das Zellvolumen etwa konstant bleibt. Daß das in diesem Typ ausgeschiedene Kryptoperthit-Material unter stark deformierendem Einfluß des Wirtes steht, scheint auch daraus hervorzugehen, daß es trotz sehr langer Belichtungszeiten schlecht

³ Es wurde der Betrag der „Unsymmetrie“ der (400)-Albit-Reflexe gegen die (400)-Mikroclin-Reflexe gemessen auf Precession-(c)-Aufnahmen, bei welchen der Mikroclin ideal justiert war. Der Betrag der „Unsymmetrie“ als Funktion des Betrages der „Fehlorientierung“ wurde experimentell ermittelt (Abstand Kristall—Platte 60 mm, Cu-Strahlung), mit Hilfe der Ausmessung von (400)-Reflexen von Albit-Precession-Aufnahmen, welche absichtlich dejustiert hergestellt wurden.

Δ° bedeute die Abweichung der c -Achse von der Präzessionsachse. Die Seite des Filmes, welche von der Verlängerung der c -Achse des Kristalles getroffen wird relativ zum Filmmittelpunkt, sei „linke Seite“ genannt. Der Abstand des 400-Albit-Reflexes auf der linken Seite zum Filmmittelpunkt sei D_l genannt. Der entsprechende Abstand auf der rechten Seite sei D_r genannt. Folgende Beziehung wurde dann gefunden:

Fehlorientierung Δ°	$D_l - D_r$
0°	0,00 mm
$0^\circ 20'$	0,11 mm
$0^\circ 40'$	0,43 mm
$1^\circ 00'$	0,84 mm
$1^\circ 20'$	1,12 mm

gelang, auf Precession- α -Aufnahmen Albit-Reflexionen sichtbar zu machen. Aus diesem Grund werden auch keine Angaben über die Gitterwinkel gemacht. (Bei Typ I war es gut möglich, α^* zu messen, siehe oben.)

In einem Falle gelang es jedoch, einen α^* -Wert von $\approx 88^\circ$ für den Kryptoalbit des Typ II zu ermitteln. Es handelt sich um das in Tab.2 (Nr. S 1277,3) aufgeführte Material. Zusätzlich zu der in der Tabelle gegebenen Beschreibung dieser Probe seien hier noch folgende Punkte erwähnt bzw. hervorgehoben. Während in den meisten Fällen des Typ II die Menge ausgeschiedenen Albites 0,5% und weniger betrug, liegen hier etwa 2% in Typ II ausgeschiedenen Kryptoalbites vor. Die Mikroklin-Reflexe waren scharf, die Kryptoalbit-Reflexe hingegen scharf bis sehr diffus, je nach Lage der entsprechenden Punkte im reziproken Raum. Die diffusen Reflexe erscheinen ausgeschwänzt (in nicht

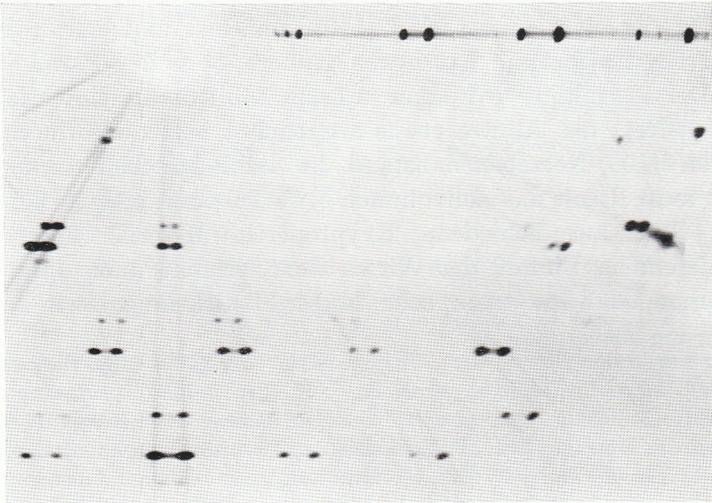


Abb. 7. Aufnahme-Anordnung wie Abb. 6. Albit-Ausscheidung intermediär zwischen Typ I und II

näher untersuchten Richtungen). Die Schwärzungen zeigen Intensitätsfluktuationen, ähnlich wie sie von LAVES (1952, p. 563/4) für „optisch monokline“ Kryptoperthite beschrieben wurden. Die Albit-Reflexe sind durch kontinuierliche Schwärzungen mit den Mikroklin-Reflexen verbunden.

Zustände, *intermediär zwischen Typ I und Typ II* wurden ebenfalls des öfteren gefunden. Abb. 7 zeigt eine entsprechende Precession-Aufnahme, in welcher relativ scharfe Reflexe intermediärer Lage sichtbar sind. Oft wurden auch diffuse Reflexe intermediärer Lage gefunden, bzw. ausgehend von Reflexen des Typ I oder des Typ II

wurden zusätzlich diffuse Schwärzungen beobachtet mit Tendenzen in Richtung des einen oder anderen Typs.

Die in Tab. 2 mitgeteilten Untersuchungen lassen bezüglich des Kryptoperthites folgende Regeln erkennen:

1. Bei vielen der untersuchten Vorkommen wurde gefunden, daß an verschiedenen Stellen der gleichen morphologischen Einheit beide Entmischungstypen (I, II) und intermediäre Entmischungsorientierungen auftreten können (z. B. Nr. S 456 der Tab. 2).

2. Idealen Typ I findet man *nur* an Stellen, die optisch „monoklin“ erscheinen oder sehr fein gegittert sind, und welche dann auf (001) eine kontinuierliche Änderung der Auslöschung zwischen den Zwillingslamellen erkennen lassen („diffuse Grenzen“), z. B. Nr. S 434 und 435 der Tab. 2.

3. Idealen Typ II findet man nur in „Einkristallen“ oder in solchen Zwillingslamellen, welche von ihren Nachbarlamellen durch bezüglich der Auslöschung „scharfe Grenzen“ getrennt sind, z. B. Nr. 463.

4. In bezug auf die intermediären Fälle ergab sich folgende Regel: Je feiner verzwillingt und diffuser die Zwillingsgrenzen, desto stärkere Tendenz in Richtung auf Typ I; je gröber verzwillingt und schärfer die Zwillingsgrenzen, desto stärkere Tendenz in Richtung auf Typ II.

5. In den Fällen des Typ I wurde röntgenographisch meist erheblich mehr Kryptoalbit gefunden als in den Fällen des Typ II.

F. Röntgenuntersuchungen an Makroalbit

Um einen Überblick über den strukturellen Zustand des Makroalbites zu erhalten, wurden mit Precession-Aufnahmen an mehreren Proben Winkel des reziproken Gitters [α^* , γ^* und (010) \wedge ($\bar{1}01$)] bestimmt, mit einem Fehler von etwa $\pm 5'$. Tab. 5 gibt die Werte. Ein Vergleich dieser Werte mit solchen der Literatur (siehe BROWN, 1960) zeigt, daß es sich in allen Fällen um relativ reinen

Tabelle 5. Winkel des Makroalbites und eines Cleavelandites

			α^*	γ^*	(010)/($\bar{1}01$)
S 377	Albit-Rand	perthitisch	86° 24'	90° 32'	85° 51'
	Albit-Kern	perthitisch	86 20	90 28	85 52
S 435		perthitisch	86 26	90 32	85 51
S 475		perthitisch	86 24	90 35	86 00
S 476		perthitisch	86 30	90 29	85 53
S 465		perthitisch	86 22	90 24	85 54
S 456		perthitisch	86 20	90 22	85 55
		perthitisch	86 17	90 30	85 53
S 333		perthitisch	86 20	90 27	85 56
		(Cleavelandit)	86 20	90 21	85 59

Albit (tief) handelt (An-Gehalt weniger als 3%). Peristerit-Entmischung wurde röntgenographisch nicht beobachtet, allerdings wurden nur Aufnahmen normaler Belichtungszeit gemacht, aus denen jedoch geschlossen werden kann, daß falls Entmischung vorliegen sollte, ein eventueller Oligoklas-Anteil weniger als 10% betragen würde.

G. Ca-Gehalte des Makroalbits und des Mikroklins

Für eine Diskussion über die Genese von Perthiten mag die Frage interessant sein, ob sich die Kalifeldspat- und die Natronfeldspat-Anteile lediglich bezüglich ihres K/Na-Verhältnisses unterscheiden, oder ob auch Unterschiede im Ca-Gehalt erkennbar sind. Zu diesem Zwecke wurden von zwei der hier untersuchten Makroperthite, bei denen es relativ leicht war, den mikroskopisch rein erscheinenden Albit vom K-reichen Teil zu trennen, chemische Analysen gemacht⁴.

Tab. 6 zeigt die Ergebnisse der Analysen auf CaO-Gehalt (Genauigkeit: $\pm 20\%$ der gefundenen Menge).

Tabelle 6. Ca-Gehalte der Perthitkomponenten (Gew. %) /

Nummern der Tab. 2	Albit-Anteil	K-Feldspat-Anteil
S 434, Perth	0,1; An _{0,5}	< 0,03; < An _{0,15}
S 496, Norwegen	0,25; An _{1,3}	0,1; An _{0,5}

Die Ca-Werte der Tab. 6 zeigen erstens, daß der gesamte An-Gehalt niedrig ist, und zweitens, daß eine gewisse Anreicherung des Ca-Gehaltes in den makroskopisch sichtbaren perthitischen Albit-Schnüren stattgefunden hat. Bei diesem Vergleich hat man noch zu berücksichtigen, daß der K-reiche Anteil, welcher zur Analyse verwendet wurde, natürlich noch Albit in Mikro- und Krypto-Form beherbergte, so daß ein Teil des im K-reichen Anteil gefundenen An-Gehaltes im dort vorhandenen Mikro- und Kryptoalbit bevorzugt stecken mag. Ein Vergleich der Tab. 6 mit den röntgenographisch ermittelten Albit-Anteilen im K-reichen Teil dieser Proben (Tab. 2) zeigt jedoch, daß in ihnen der Mikro- und Kryptoalbit volumemäßig gegenüber dem Makroperthit relativ sehr gering ist.

Die Tatsache der, wenn auch geringen, Ca-Anreicherung im Albit mag etwas unerwartet erscheinen, wenn man bedenkt, daß die Perthitbildung ja lediglich durch einen K/Na-Platzwechsel eintreten könnte. Immerhin zeigt die beobachtbare relativ grobe Albit-Verzwilligung in den Albit-Schnüren, daß eine erhebliche Al/Si-Bewegung innerhalb des ursprünglich vorhandenen AlSi₃O₈-Gerüsts geherrscht haben muß, um dieses in den jetzt vorliegenden Zustand zu bringen, sei es, daß die Perthit-Bildung auf einen Entmischungsvorgang oder auf eine Albitisierung zurückgeführt wird. Dabei dürfte sich auch etwas das Al/Si-Verhältnis von Stelle zu Stelle ändern können. Von WYART und SABATIER (1956) wurde ja gezeigt, welcher großen Einfluß Wasser (was ja bei der Pegmatit-Bildung vorhanden ist) auf die Al/Si-Platzwechsel schon bei etwa 400°C hat.

⁴ Wir danken Herrn Dr. M. WEIBEL für die freundliche Ausführung der Analysen (spektralanalytisch) herzlichst.

V. Diskussion

A. Literaturübersicht und eigene Beobachtungen

Die heutigen Meinungen über die Genese von Perthiten gehen weit auseinander. Es besteht eine riesige Literatur darüber mit drei folgenden Extremen der Standpunkte:

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).

In Einzelfällen werden zwei oder alle drei vorstehenden Prozesse in mehr oder weniger gleichzeitigem Ablauf für die makroskopischen oder mikroskopischen Beobachtungen verantwortlich gemacht.

Während bezüglich des Mikro- und Kryptoalbites in der Literatur Einigkeit darüber zu bestehen scheint, daß man diese Bildungen als Entmischungsvorgänge deutet, sind die Ansichten bezüglich des Makroalbites recht geteilt, jedoch bevorzugt in der Richtung gehend, daß die Bildung des Makroalbites als ziemlich spätes Stadium angenommen wird, weniger als Sammelkristallisation von ursprünglichem Mikro- und Kryptoalbit, sondern als Verdrängungs-Vorgang durch eindringendes Na-Material auf „Rissen“ längs kristallographisch bevorzugten Richtungen.

Letztere Ansicht wird besonders von O. ANDERSEN (1928) vertreten und durch Betrachtungen über das richtungsabhängige Kohäsionsverhalten der Feldspäte gestützt (Ausbildung von „contraction cracks“ während der Abkühlung). ANDERSEN gibt eine reiche Literaturzusammenstellung früherer Perthit-Arbeiten, teilt viele neue Beobachtungen mit und schlägt bezüglich der pegmatitischen Perthite folgenden Ablauf der Geschehnisse vor (S. 203—205, Summary; nur die Hauptpunkte werden hier erwähnt).

Erstes Stadium: Entmischung in „string“-Perthite, eventuell verbunden mit Resorption und Verdrängung. Am Ende dieses Stadiums, welches kontinuierlich in das zweite übergeht, beginnt die erste Ausbildung von „contraction cracks“.

Zweites Stadium: Zunahme von Resorptions- und Verdrängungserscheinungen (ev. vorhandener Cleavelandit habe sich zu dieser Zeit gebildet); Rekristallisation von Mikroklin längs „crack“-Richtungen, begleitet von Albit- und Quarz- (und wenig Epidot- und Muskowit-) Ablagerungen, wobei die übliche Kreuzgitterung des Mikroklin derart zertört werde, daß entweder ein Einkristall oder ein Mikroklin mit „irregular twinning“ gebildet werde. Gelegentlich sei diese Rekristallisation nicht auf die „cracks“ beschränkt, sondern ergreife beträchtliche Teile des Feldspates. Dieses Stadium sei die Hauptperiode, während welcher sich die Kontraktionsrisse ausbildeten, auf welchen dann durch „cir-

culating solutions“ eine starke Albitisierung einträte, die zur Bildung des „vein“-Albites (hier Aderalbit genannt) führe. — Für das folgende ist wichtig zu bemerken: ANDERSEN nimmt für die Entstehung dieses Aderalbites an, daß er später entstanden sei als der Cleavelandit. Er versucht dies durch Abbildungen von Cleavelanditen zu belegen, in welchen sich der Aderalbit „hineingefressen“ habe, also später gebildet worden sei. Da ANDERSEN bereits den Cleavelandit als Folge von Albitisierung (oder „replacement“) deutet, wird von ihm a fortiori geschlossen, der Aderalbit sei eine sehr späte Albitisierungserscheinung. (Wir werden weiter unten eine gegenteilige Auffassung vertreten und ebenfalls durch Schliffbilder belegen.) Am Schluß dieser Albitisierungsperiode wird von ANDERSEN angenommen, daß die zwischen den „cracks“ bzw. den Makroalbit-Adern liegenden (K, Na)-Feldspatpartien sich entmischen und den „film-perthite“ bilden.

Drittes Stadium: „the third stage is characterized chiefly by the extensive replacement of microcline by albite, giving rise to such a peculiar feldspar as the chess-board albite and to the beautiful crystals of albite growing into cavities and often covering the outside faces of microcline perthite. This replacement process is probably only an intensified continuation of the process leading to the formation of the perthite veins.“

An weiterer Literatur, die sich nach ANDERSEN (1928) mit Perthitbildungen beschäftigt, sei erwähnt ALLING (1932); FISHER (1942, 1945; hier finden sich auch viele wichtige Angaben über Cleavelanditbildungen, welche einer Albitisierung zugeschrieben werden); GOLDICH und KINSEY (1939); ADAMSON (1942); DRESCHER-KADEN (1948, p. 75); KOEHLER (1950, pp. 55-58); EXNER (1950); HEIER (1955). Die in diesen Arbeiten auf Grund mikroskopischer Untersuchungen und Feldbeobachtungen ausgesprochenen Meinungen sind wegen der Komplexheit des Problems uneinheitlich, und es würde hier zu viel Platz nehmen, sie im einzelnen zu diskutieren. Die drei Erklärungsmöglichkeiten werden jeweils diskutiert. In einzelnen Punkten stimmen die Autoren überein, in anderen sind sie abweichender Meinung und in wieder anderen Punkten werden verschiedene Erklärungsmöglichkeiten diskutiert und endgültige Entscheidungen offengelassen.

Schöne Dünnschliff-Abbildungen, welche auch als charakteristisch für die von uns beobachteten Erscheinungsformen angesehen werden können (weswegen wir weitgehend auf die Wiedergabe von Mikrophotos verzichten können), finden sich in den Arbeiten von ANDERSEN (1928), ADAMSON (1942) und von GOLDICH und KINSEY (1939). In letztgenannter Arbeit ist wohl am klarsten eine Zuordnung von Schliffbild und Namengebung dargestellt.

Auf Grund der Beschreibung von ANDERSEN (1928), GOLDICH und KINSEY (1939), ADAMSON (1942) und der eigenen Beobachtungen sei im folgenden eine Zusammenstellung der Haupttypen und gebräuchlicher Bezeichnungen gegeben, sowie die Hinzufügung eines neuen Namens für einen Perthit, dem genetisch eine besondere Bedeutung beigemessen wird.

1. a) Vein perthite (übersetzt: Aderperthit): relativ breite Bänder vorwiegend parallel (100), jedoch mit häufig starken und unregel-

mäßigen Abweichungen von der (100)-Lage. Im Gegensatz zu 1.b) ist charakteristisch, daß das Adermaterial unabhängig von seiner speziellen Richtung deutlich nach dem Albit-Gesetz verzwillingt ist mit etwa gleich viel „rechts“- wie „links“-Material.

b) Braid perthite (Name von GOLDICH und KINSER eingeführt; übersetzt: Litzenperthit): relativ breite Bänder bzw. Spindeln ungefähr parallel (110) und (1 $\bar{1}$ 0), wobei die (110)-Spindeln optisch in Zwillingstellung zu den (1 $\bar{1}$ 0)-Spindeln stehen. Etwa gleich viel „rechts“- wie „links“-Material ist vorhanden.

2. Patch perthite (Fleckenperthit): Unregelmäßig begrenzte, meist nach dem Albit-Gesetz verzwillingte Bereiche, welche oft als Ausbuchtungen von Aderperthit in Erscheinung treten, oft aber auch keine Beziehungen zu Aderperthit erkennen lassen, bzw. in Material beobachtet werden, in welchem überhaupt kein Ader- oder Litzenperthit sichtbar ist.

3. a) Film perthite (Filmperthit): Feine, dünne blättchenförmige Einlagerungen parallel etwa ($\bar{8}$ 01), also der sogenannten Murchisonit-Absonderungs-Richtung; in Schliffen // (001) und (010) als haarförmige Einlagerungen erscheinend, und zwar in (001) relativ kurz parallel der *b*-Achsen-Richtung, in (010) relativ lang parallel etwa [10 $\bar{8}$] mit oft treppenartigen Versetzungen, so daß oft nur Mittelwerte der Richtungen meßbar sind.

b) String perthite (Fadenperthit): Phänomenologisch unterscheidet sich der Fadenperthit vom Filmperthit im wesentlichen dadurch, daß er auf Schliffen (001) nicht „haarförmig“ parallel der *b*-Achse in Erscheinung tritt, sondern „punktförmig“, d. h. es sind feine Albit-Fäden parallel etwa [10 $\bar{8}$] eingelagert. Der Fadenperthit ist viel seltener als der Filmperthit und wird von ANDERSEN als erster Entmischungsvorgang gedeutet.

4. Poikilitic albite (poikilitischer Albit): dadurch charakterisiert, daß keine Orientierungsbeziehungen zwischen Wirt und Gast erkennbar sind.

a) mehr oder weniger isometrische, meist unverzwillingte, gelegentliche (nicht polysynthetische) Zwillinge nach dem Albit-Gesetz: isometrische Poikilite.

b) deutlich nach (010) plattige, fast immer nach dem Albit-Gesetz verzwillingte Kristalle, die meist nur zwei, nie aber viele Zwillingsteile erkennen lassen, so daß man kaum von „polysynthetischer“ Verzwillingung sprechen darf: Cleavelandit,

5. Plattenperthit (Plate perthite): wie oben beschrieben dadurch charakterisiert, daß Albit in kristallographisch definierter (aber von den vorstehenden Fällen abweichender) Weise in *einkristallinem* Mikroklin eingelagert ist, und zwar nicht ganz parallel (001), so daß er in Schnitten (001) „wolzig“ erscheint, hingegen in Schnitten (010) und senkrecht der *a*-Achse scharf begrenzt ist (siehe oben, Abschnitt IV, D).

Nach unseren obigen Definitionen gehört 1 bis 3 und 5 zu den „Perthiten“, 1 und 2 zum „Makroperthit“ und 3 zum „Mikroperthit“. Da „Kryptoperthit“ nicht *sichtbar* ist, wurde er in vorstehender Zusammenstellung nicht mit aufgenommen. Fall 5 wird weder dem Mikro- noch Makroalbit zugeteilt, da seine Dimensionen einerseits verschieden gefunden wurden, andererseits als Folge seiner von uns gedeuteten Genese zu erwarten ist, daß er sehr fein und sehr grob ausgebildet sein kann.

Als Abschluß unserer Literaturübersicht sei im folgenden die Ansicht P. NIGGLI's zum Perthit-Problem zitiert (siehe PARASKEVOPOULOS [1953], der die entsprechenden Sätze aus den Korrekturfahnen der 3. Auflage des Nigglichschen Lehrbuches der Mineralogie mitteilt, welches infolge von Kriegseinwirkung niemals erschienen ist):

„Alkalifeldspäte, die aus mikroskopisch erkennbarem, kaliumreicherem und natriumreicherem Anteil bestehen und äußerlich den Charakter eines Individuums aufweisen, kann man durch die Pauschalzusammensetzung, und wenn möglich, durch die Zusammensetzung der Einzelkomponenten charakterisieren. Das erstere rechtfertigt sich von selbst, sofern es sich um nachträgliche Entmischung handelt. Es muß jedoch betont werden, daß neben Entmischungsstrukturen auch Verdrängungsstrukturen auftreten, die häufig gleichfalls dem Sammelbegriff „Perthit“ untergeordnet werden. Nicht selten hat ein natriumreicher Feldspat kaliumreichere Zusammensetzungen metasomatisch verdrängt (Albitisierung). Da derartige Diffusions- und Austauschprozesse unter Umständen von entmischten Natriumfeldspatlamellen ausgehen können, ist die Trennung meist feiner, disperser Entmischungs- und grober Verdrängungsstruktur nicht immer leicht.“

B. Stadien der Perthitbildung auf Grund dieser Untersuchung

Obwohl wir uns dessen bewußt sind, daß gleiche Erscheinungsformen durch verschiedene Prozesse hervorgerufen werden können, glauben wir auf Grund der obigen Untersuchungsergebnisse, die erstmalig optische Beobachtungen mit röntgenographisch ermittelten Orientierungsbeziehungen kombinieren, erneut zum Problem der

ten, daß in mikroperthitischen Drusenkristallen die randlichen Teile mehr Adern haben sollten als die inneren. Derartige Erscheinungen konnten von uns nicht beobachtet werden. Es wurde eher das Gegenteil festgestellt.

Stadium III: Bei fortschreitender Abkühlung wird die Temperatur der diffusiven Transformation (monokliner Sanidin \rightarrow trikliner Mikroklin, bei etwa 500°C angenommen, LAVES, 1960) unterschritten. Es bildet sich dann zunächst „Orthoklas“ aus, d. h. ein submikroskopisch verzwilligtes Material, mit Domänen trikliner Geometrie, welche intermediär ist zwischen monokliner und derjenigen des maximalen Mikroklin. Infolge der feinen Verzwilligung gibt es viele „Zwillingsgrenzen“, die spannungsmäßig gestört sind und leicht als Keimgebiete für weiter auszuscheidendes Albit-Material dienen können. Als hierfür besonders anfällig sind die Verwachsungsgrenzen anzunehmen, an welchen nach dem Periklin-Gesetz verzwilligte Domänen aneinanderstoßen, also die Ebenen des „Rhombischen Schnittes“, dessen σ von MACKENZIE (1956) in Übereinstimmung mit dem mikroskopisch sichtbaren Verlauf von Periklin-Zwillingslamellen in Mikroklinen zu etwa $+97^\circ$ berechnet wurde. In der Tat wurden von uns für [auf Schlifflin (010) gemessen] 26 verschiedene Vorkommen ρ -Werte des Mikroalbites zwischen $+103^\circ$ und $+111^\circ$ gemessen, mit einem Mittelwert von $+107^\circ$. Dieser ρ -Wert weicht also deutlich vom ρ des Makroalbites (gemessene Werte zwischen $+108^\circ$ und $+120^\circ$ schwankend mit einem Mittelwert von $+113^\circ$) in Richtung σ des Rhombischen Schnittes ($+97^\circ$) ab. Als weitere wichtige Beobachtung sei folgendes mitgeteilt. Es wurde bereits oben darauf hingewiesen, daß wegen treppenförmiger Versetzungen der Mikroalbit-Richtungen meist nur mittlere ρ -Werte für eine Probe bestimmt werden konnten. In einigen Fällen war es jedoch möglich, die Einzelrichtungen des „Stufensystems“ gesondert zu messen. In dem Fall S 436 gelang dies besonders gut. Hier setzten sich die Richtungen aus Stufen zusammen mit $\rho = +97^\circ$ und solchen mit $\rho = +108^\circ$, eine mittlere Richtung von $+106^\circ$ ergebend. Dies zeigt deutlich einen Einfluß der Lage des Rhombischen Schnittes auf die Kompositionsfläche Mikroalbit/Mikroklin⁶. — Wie oben mitgeteilt

⁶ Im Gegensatz zu den hier gefundenen ρ -Werten des Mikroalbites in der Nähe von $+107^\circ$, mit einer Differenz $\rho - \sigma = +10^\circ$, teilt MACKENZIE (1956) ρ -Werte in der Gegend von „ $-107\frac{1}{2}$ “ or $+72\frac{1}{2}$ “ mit, woraus sich die Differenz $\rho - \sigma = -25^\circ$ berechnet. Entweder handelt es sich bei dem von MACKENZIE untersuchten Material um eine Ausnahme, die von allen bisher beschriebenen [s. z. B. BÖGGILD (1924); ANDERSEN (1928); SPENCER (1930)] abweicht, oder es hat sich ein Fehler bezüglich der Bestimmung der c-Achsenrichtung eingeschlichen.

wurde (Tab. 4), ergab die röntgenographische Untersuchung von 5 Mikroalbit-Proben (4 Vorkommen), daß der Mikroalbit zu etwa gleichen Teilen in „rechts-“ wie „links“-Stellung vorliegt, und daß der bereits bei der Besprechung des Stadiums II erwähnte Winkel η zwischen $-63'$ und $-65'$ (Mittelwert = $-64'$) gefunden wurde. Die untersuchten Proben waren derart ausgesucht, daß der Mikroclin-Wirt-Anteil „optisch monoklin“ oder sehr fein gegittert vorlag.

Während dieses Stadiums III bildet sich sicherlich auch kryptoperthitische Entmischung der oben als Typ I bezeichneten Art, für welche gleiche η -Werte (zwischen $-60'$ und $-65'$) gefunden wurden.

Stadium IV. Mit fortschreitender Abkühlung bzw. während langer sich anschließender Zeiträume schreitet die diffusive Transformation in der Richtung fort, daß der submikroskopisch feinverzwilligte „Orthoklas“ in Mikroclin mit „sichtbarer“ Verzwilligung übergeht. Dieser Vorgang ist charakterisiert durch eine rekristallisationsartige Vergrößerung des Zwilling-Gefüges in der Art einer „Sammelkristallisation“ („secondary recrystallization“), bei welcher die Zwillingsgesetz-Beziehungen der Mikroclin-Verzwilligung im Prinzip erhalten bleiben, d. h. einige der früher kleinen Zwillingdomänen vergrößern sich auf Kosten ihrer Nachbar-Domänen zwecks Abbaues von Grenzflächenenergie. Dieser Rekristallisationsvorgang darf also nicht mit dem von ANDERSEN (1928) vorgeschlagenen verwechselt werden.

Als Stütze für die Richtigkeit dieser Annahme erinnern wir an die oben mitgeteilte Ausbildung des Kryptoperthites als Typ II, wenn die Mikroclinverzwilligung derart grob ausgebildet ist, daß „einkristalline“ Bereiche geröntgt werden können, herausgeschnitten aus Domänen, welche eine einheitlich definierte Auslöschung besitzen und gegen ihre Nachbardomänen durch „scharfe Grenzen“ abgegrenzt sind, bzw. wenn die Proben aus einem Stück stammen, welches praktisch als „Einkristall“ bezeichnet werden darf.

Stadium V. Während für die Stadien I bis III charakteristisch ist, daß die Orientierung des sich ausscheidenden Albites den ursprünglich monoklinen Charakter des Alkalifeldspates erkennen läßt, richtet sich im Stadium IV der Albit bezüglich seiner Orientierung nach der Geometrie des triklin gewordenen Mikroclins. Es ist daher verständlich, daß der während der Stadien I bis III in monoklinen Orientierungsbeziehungen ausgeschiedene Albit von dem sich während des Stadiums IV bildenden Mikroclin als Fremdkörper empfunden wird. Dies begünstigt eine Umkristallisation des Albites mit dem Mikroclin neu angepaßten Orientierungsbeziehungen. Es bildet sich etwas aus,

was oben „Plattenperthit“ genannt wurde: Innerhalb eines einkristallinen Mikroklingebietes ist der Plattenalbit derart ausgebildet, daß nur *eine* Albit-Orientierung vorliegt (entweder „rechts“ oder „links“) derart, daß die Al/Si-Verteilung im AlSi_3O_8 -Gerüst des Wirts und des Gastes kohärent ist, d. h. daß in dieser Beziehung die Mikroklin/Albit-Grenzen keine Diskontinuitätsflächen darstellen (LAVES und SOLDATOS, 1962b).

Die Beobachtbarkeit der in den Stadien I bis V dargestellten Entwicklung, welche als „Normalfall“ der Perthitbildung angesehen sei, wird mehr oder weniger beeinträchtigt werden können durch Verdrängungserscheinungen. Hier sind zwei Extremfälle zu unterscheiden:

- a) Albitisierung von außen vorwiegend durch Austausch von K-Ionen durch Na-Ionen, unter wesentlicher Belassung der Orientierung des ursprünglich während des Stadiums I gebildeten AlSi_3O_8 -Gerüsts. Dieser Vorgang führt zum Flecken-(patch)-Perthit und zum sogenannten „Schachbrett“- (chessboard)-Albit mit vielen Übergängen und Graden der Verdrängungserscheinungen.
- b) Cleavelandit-Bildung. Während die unter a) genannte Albitisierung mehr oder weniger ohne Mithilfe von „Lösungen“ ablaufen kann, scheint die Cleavelandit-Bildung unter wesentlicher Mitwirkung von Na-haltigen Lösungen abzulaufen. Dies wird sehr eindrucksvoll belegt durch die Beobachtungen von FISHER (1942, 1945), ADAMSON (1942) und ANDERSEN (1928).

Im Gegensatz zu ANDERSEN und anderen ähnlich argumentierenden Autoren glauben wir aber nicht, daß sich der Aderperthit *später* gebildet habe als der Cleavelandit. ANDERSEN belegt seine Ansicht durch Dünnschliffbeobachtungen, in welchen es so aussieht, als ob der Cleavelandit durch den Ader-Perthit „angefressen“ bzw. „korrodiert“ worden sei (ANDERSEN, 1928, Plate IV, Fig. 6 und deren Deutung im Text, S. 173/74). Unserer Meinung nach lassen sich entsprechende Bilder — die auch wir in unserem Material beobachten konnten — entgegengesetzt deuten: Na-haltige Lösungen dringen auf Rissen in den entmischten Perthit ein, führen zur Auflösung von K-Feldspat und Abscheidung von Na-Feldspat. Da besonders der K-Feldspat gegenüber den Na-Lösungen instabil wird, wird K-Feldspat durch Na-Feldspat ersetzt, während keine große treibende Kraft vorliegt, den Na-Feldspat des Aderperthits durch Na-Feldspat des Cleavelandits zu ersetzen. Der Cleavelandit wird daher, in den Mikroklin vordringend, den vorhandenen Aderalbit teilweise umwachsen und ihn

nur teilweise in die neue Cleavelandit-Albit-Orientierung umkristallisieren lassen. Dabei kann sich der (unserer Meinung nach unrichtige) Eindruck ergeben, als ob sich der Aderperthit in einem späteren Stadium in den Cleavelandit hineingefressen habe (s. Abb. 8). — Als weitere Stütze für seine Anschauung bemerkt ANDERSEN, daß die Cleavelandite oft nicht durch scharfe Kristallflächen begrenzt seien, sondern als vom Mikroclin „korrodiert“ bzw. „angefressen“ erscheinen. Hierzu ist zu sagen, daß es etwas unverständlich wäre, wenn während der von ANDERSEN postulierten Albitisierung durch Aderperthit gleichzeitig eine Mikroclinisierung auf Kosten des Cleavelandites stattfinden sollte. Wir sind eher geneigt, die „Korrosionserscheinungen“

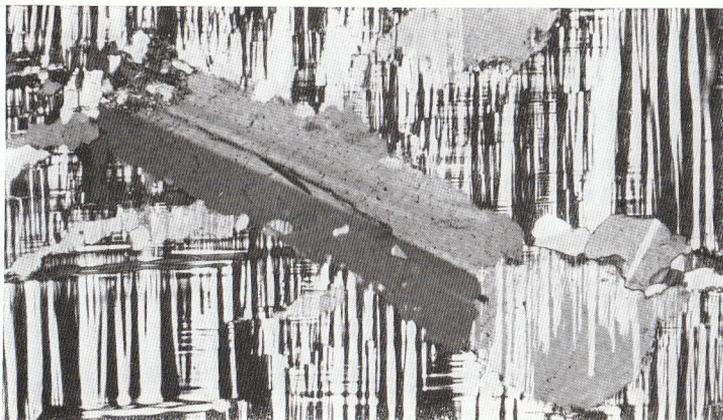


Abb. 8. Dünnschliff parallel (001) des Mikroclinperthits S 480; Oranje, Afrika. Gekr. Nicols, $58\times$. Cleavelandit, den Ader-Albit umwachsend und teilweise umschließend. Eine der vom Cleavelandit umschlossenen Ader-Perthit-Inseln zeigt deutlich (man beachte die feinen Zwillingsgrenzen nach dem Albitgesetz) eine Orientierungsänderung.

als nur *scheinbare* anzusehen, und glauben, daß sie sich besser in folgender Weise erklären lassen: Die Cleavelandit-Albitisierung schreitet dort am leichtesten fort, wo der Mikroclin am gestörtesten ist. Letzteres ist besonders dort der Fall, wo der Mikroclin mit „diffuser Auslöschung“, d. h. diffusen Zwillingsgrenzen ausgebildet ist, wo also ein bezüglich Al/Si-Verteilung ungeordneter und unstabiler Zustand vorliegt. Diese Auffassung wird durch Abb. 9 belegt.

Es besteht also unserer Meinung nach kein stichhaltiger Grund, der gegen die frühzeitige Ausbildung des Aderperthites als Entmischungsvorgang während des Stadiums II sprechen könnte.

C. Über den String-Perthit

Nach unserer oben angegebenen Definition gehören String- und Filmperthit zum Mikroperthit. Der Unterschied wurde erstmals von ANDERSEN erkannt und durch Abbildungen belegt. Der erstere wurde von ANDERSEN als eine frühere Entmischung angesehen als der letztere. Auch wir hatten unter unseren Proben eine solche mit String-Perthit (S 474, Tab. 2). ρ des String-Albites wurde zu etwa $114\text{--}116^\circ$ gemessen, also ähnlich dem ρ des Makroalbites. Dies spricht für ANDERSENS Annahme. In diesem Zusammenhang sei weiterhin als interessant erwähnt, daß für den String-Perthit $\eta = -45'$ gefunden wurde, was relativ gut zu den entsprechenden Werten des Makroperthits paßt

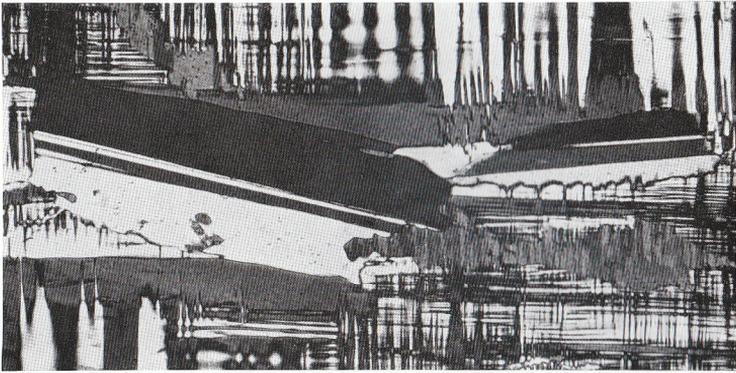


Abb. 9. Dünnschliff parallel (001) des Mikroclinperthits S 480; Oranje, Afrika. Gekr. Nicols, $64\times$. Cleavelandit-Kristall in der Mitte mit relativ scharfen Grenzen (etwa horizontal verlaufend) gegenüber „einkristallinen“ Mikroclinlamellen. Rechts befindet sich ein kleinerer Cleavelandit-Kristall mit zackiger Grenze (untere Begrenzung). Man beachte die deutlich sichtbare Beziehung zwischen „Zacken“ und Zwillingsgrenzen. (Außerdem erkennt man auch noch vom großen Cleavelandit-Kristall umwachsenen Aderalbit).

(siehe Tab. 3 und 4), wohingegen sich für den Filmperthit ein $\eta = -64'$ ergab (Tab. 4). Vielleicht ist der String-Perthit als eine erste Entmischung aufzufassen, die dann eintritt, wenn der Mischkristall relativ schnell auf eine unter der Entmischungskurve liegende Temperatur abkühlt bzw. unterkühlt wurde. Im Laufe weiterer Zeit mögen sich dann die vielen kleinen String-Albit-Entmischungskörper zu Aderalbit vereinigen. Ein solcher Sammelkristallisationsvorgang mag an verschiedenen Stellen verschieden schnell ablaufen und dann zu Bildern führen, wie sie von ANDERSEN (1928, Pl. I, Fig. 1 und 3, Plate II, Fig. 1

und 2) reproduziert wurden. ANDERSEN bezeichnet den String-Perthit als relativ selten, und auch wir fanden ihn nur einmal unter den 27 untersuchten Vorkommen.

D. Über die Hämatitschüppchen in Perthiten

VON DRESCHER-KADEN (1948, p. 75) wurde geltend gemacht, daß die im Perthit von Perth beobachtbaren Hämatitschüppchen gegen eine Deutung des Aderperthites als Entmischungsvorgang sprächen, da diese sich nur im K-reichen Teil des Perthits befänden, während der Aderperthit frei davon sei. Eigene Beobachtungen des Perthites von Perth zeigten, daß auch im Aderalbit, wenn auch erheblich weniger, Hämatitschüppchen vorhanden sind [dies wurde auch bereits von WARREN (1915) beobachtet]. Wir sind der Ansicht, daß der Unterschied in der Häufigkeit von Hämatitschüppchen durchaus damit zusammenhängen kann, daß sie sich aus irgendwelchen Gründen lieber im K-reichen als im Na-reichen Alkalifeldspat abscheiden, sei es, daß sie als Entmischungskörper aufzufassen sind, oder als von außen eingedrungene Infiltration, wie es von DIVLJAN (1960) wahrscheinlich gemacht wurde.

Literatur

- O. J. ADAMSON (1942), Minerals of the Varuträsk pegmatite. XXXI. The feldspar group. *Geol. Fören. Förh.* **64**, 19—54.
- H. L. ALLING (1932), Perthites. *Amer. Mineral.* **17**, 43—65.
- O. ANDERSEN (1928), The genesis of some types of feldspar from granite pegmatites. *Norsk geol. tidsskrift* **10**, 113—205.
- F. BECKE (1882), Die Gneissformation des niederösterreichischen Waldviertels. *Tscherm. Mitt.* **4**, 189—264.
- O. B. BÖGGILD (1924), On the labradorization of the feldspars. *Det Kgl. Danske Vid. Selsk. Math.-fys. Medd.* **6**, 3, 1—79.
- W. C. BRÖGGER (1890), Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. *Z. Kristallogr.* **16**, 1—663 (Über Kryptoperthit S. 524—553).
- W. L. BROWN (1960), Lattice changes in heat-treated plagioclases. The existence of monalbite at room temperature. *Z. Kristallogr.* **113**, 297—329.
- St. DIVLJAN (1960), The results of field and laboratory studies of aventurine plagioclases from some norwegian pegmatites. *Reports 21. Int. Geol. Congress, Copenhagen, Part.* **17**, 94—101.
- F. K. DRESCHER-KADEN (1948), Die Feldspat-Quarz-Reaktionsgefüge der Granite und Gneise, Springer-Verlag, Berlin.
- Ch. EXNER (1950), Tektonik, Feldspatbildungen und deren gegenseitige Beziehungen in den östlichen Hohen Tauern. *Tscherm. Mitt.* [3] **1**, 197—284

- D. J. FISHER (1942), Preliminary report on some pegmatites of the Custer District; Report of investigations Nr. 44, University of South Dakota, Vermillion.
- D. J. FISHER (1945), Preliminary Report on the mineralogy of some pegmatites near Custer; Report of investigations Nr. 50, University of South Dakota, Vermillion.
- S. S. GOLDICH and J. H. KINSER (1939), Perthite from Tory Hill, Ontario. *Amer. Mineral.* **24**, 407—427.
- K. HELER (1955), The formation of feldspar perthites in highly metamorphic gneisses. *Norsk. Geol. Tidsskr.* **35**, 87—92.
- C. HINTZE (1897), *Handbuch der Mineralogie II*, Leipzig.
- A. KOEHLER (1950), Erscheinungen an Feldspäten in ihrer Bedeutung für die Klärung der Gesteinsgenesis. *Tscherm. Mitt.* [3] **1**, 51—67.
- F. LAVES (1950), The lattice and twinning of microcline and other potash feldspars. *J. Geology* **58**, 548—571.
- F. LAVES (1951), A revised orientation of microcline and its geometrical relation to albite and cryptoperthites. *J. Geology* **59**, 510—511.
- F. LAVES (1952), Phase relations of the alkali feldspars. *J. Geology* **60**, 436—450 und 549—574.
- F. LAVES (1960), Al/Si-Verteilungen, Phasen-Transformationen und Namen der Alkalifeldspäte. *Z. Kristallogr.* **113**, 265—296.
- F. LAVES und K. SOLDATOS (1962a), Über verzerrte Mikroklin-Verzwilligung und über unsymmetrische Albitausscheidung in Kryptoperthit. *Z. Kristallogr.* **117**, 209—217.
- F. LAVES und K. SOLDATOS (1962b), Plate-perthite, a new perthitic intergrowth in microcline single crystals, a recrystallization product. *Z. Kristallogr.* **117**, 218—226.
- W. S. MACKENZIE (1956), The orientation of the pericline twin lamellae in triclinic alkali feldspars. *Min. Mag.* **31**, 41—46.
- P. NIGGLI (1926), *Lehrbuch der Mineralogie II (Spezielle Mineralogie)* S. 533, Berlin.
- G. PARASKEVOPOULOS (1953), Beiträge zur Kenntnis der Feldspäte der Tessiner Pegmatite. *Tscherm. Mitt.* **3**, 191—271.
- M. SCHUSTER (1881), Über die optische Orientierung der Plagioklase. *Tscherm. Mitt.* **3**, 117—284.
- E. SPENCER (1930), A contribution to the study of moonstone from Ceylon and other areas and of the stability-relations of the alkali-feldspars. *Min. Mag.* **22**, 291—367.
- C. H. WARREN (1915), A quantitative study of certain perthitic feldspars. *Proc. of the Amer. Acad. of Arts and Sciences* **51**, 127—154.
- J. WYART et G. SABATIER (1956), Transformations mutuelles des feldspaths alcalins. Reproduction du microcline et de l'albite. *Bull. Soc. franç. Min. Cristallogr.* **79**, 574—581.