

Über „verzerrte“ Mikroklin-Verzwilligung und über unsymmetrische Albitausscheidung in Kryptoperthit

Von F. LAVES und K. SOLDATOS*

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

Mit 4 Abbildungen im Text

(Eingegangen am 27. Dezember 1961)

Abstract

In “ideal” microcline twinning, the twin axis [010] of the pericline twins is exactly perpendicular to the twin plane (010) of the albite twins (i. e. b is parallel to b^*). Small deviations from this law have been found in several microcline perthites; angles of up to $20'$ between b and b^* have been measured. The causes of this distortion are discussed in connection with the “asymmetric” unmixing of albite in “monoclinic” cryptoperthites.

Auszug

Während bei „ideal“ gegitterter Mikroklinverzwilligung die Zwillingsachse [010] der nach dem Periklingesetz verzwilligten Domänen exakt senkrecht steht auf der Zwillingssebene (010) der nach dem Albitgesetz verzwilligten Domänen (das heißt also $b = b^*$), wurden in mehreren Fällen von Mikroklin-Perthit geringe, aber deutliche Abweichungen hiervon gefunden. Winkel bis zu $20'$ wurden zwischen b und b^* gemessen. Ursachen für diese „verzerrte Mikroklinverzwilligung“ werden im Zusammenhang mit „unsymmetrischer“ Albitentmischung in „monoklinen“ Kryptoperthiten diskutiert.

Anläßlich einer Untersuchung über die Gitterwinkel des Mikroklin wurde von LAVES (1950) gefunden, daß α und γ bzw. α^* und γ^* von 90° erheblich abweichen können. Als stärkste Abweichungen wurden seinerzeit gefunden: $\alpha = 90^\circ 42'$, $\gamma = 87^\circ 38'$, $\alpha^* = 90^\circ 25'$, $\gamma^* = 92^\circ 20'$. In

* Jetztige Adresse: Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Thessaloniki, Griechenland.

einer späteren Arbeit (1952, p. 551) wurden als Mittelwerte mehrerer Proben die folgenden mitgeteilt: $\alpha = 90^\circ 39'$, $\gamma = 87^\circ 42'$, $\alpha^* = 90^\circ 25'$, $\gamma^* = 92^\circ 16'$. Die größten von MacKENZIE (1954) gefundenen Abweichungen sind: $\alpha = 90^\circ 41'$, $\gamma = 87^\circ 30'$, $\alpha^* = 90^\circ 18'$, $\gamma^* = 92^\circ 22'$. In einer folgenden Arbeit untersuchten LAVES und SOLDATOS (1962) 24 pegmatitische Mikrokline und fanden α^* -Werte von $90^\circ 16'$ bis $90^\circ 27'$ und γ^* -Werte von $92^\circ 04'$ bis $92^\circ 22'$ schwankend. Als Mittel ergibt

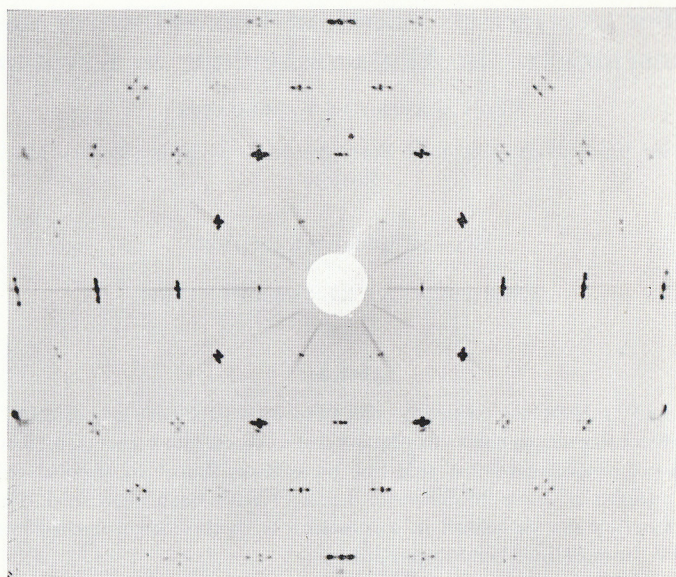


Abb. 1. Precession-Aufnahme mit c als Präzessionsachse von einem Mikroklin (S. 476, Kipawa, Quebec), polysynthetisch fein verzwillingt nach „verzerrtem“ Mikroklingesetz. Horizontal in der Mitte laufen die b^* -Achsen (also die Reflexe 020, 040, 060, 080). Die mittlere dieser Achsen entspricht dem Albitgesetz, die anderen dem Periklingesetz. Man beachte die Unsymmetrie der Periklin-Gesetz-Achse in bezug auf die Albit-Gesetz-Achse. [Von der Mitte vertikal ausgehend befinden sich die a^* -Richtungen mit den Reflexen (200) und (400); der unterste—diffuse—Reflex entspricht (400) von kryptoperthitisch nach Typ I (LAVES und SOLDATOS, 1962) ausgeschiedenem Albit]

sich $\alpha^* = 90^\circ 23'$, $\gamma^* = 92^\circ 14'$. Vernachlässigt man die sowieso nicht genau meßbaren Minutenwerte und berücksichtigt man, daß die Gitterwinkel nicht nur von dem erreichten Ordnungsgrad, sondern auch von Verunreinigungen wie Na, Rb, Ca und Ba beeinflußt werden, so ergeben sich folgende abgerundete Werte als brauchbare Basis für Vergleichszwecke:

$$\alpha = 90^\circ 40', \quad \gamma = 87^\circ 40', \quad \alpha^* = 90^\circ 20', \quad \gamma^* = 92^\circ 20'.$$

LAVES (1950) beobachtete bei den seinerzeit untersuchten Mikroklinen, daß bei Kreuzgitter-Verzwilligung b der nach dem Periklin-Gesetz verzwilligten Teile mit b^* der nach dem Albit-Gesetz verzwilligten Teile zusammenfällt, d. h. daß die Zwillingsachse des Periklingesetzes senkrecht zur Zwillingsebene des Albit-Gesetzes steht. Hieraus wurde geschlossen, daß kreuzgitterter Mikroklin aus einem monoklinen K-Feldspat entstanden sein müsse. Zur Sichtbarmachung dieser Beziehungen eignen sich besonders Buerger-Precession-Aufnahmen, deren Geometrie in bezug auf den Mikroklin ausführlich diskutiert wurde (1950). Eine Precession-Aufnahme mit c als Präzessionsachse, welche diese ideale Mikroklinverzwilligung gut erkennen läßt, wurde in Abb. F der Tafel 1 (1950, S. 550/551) reproduziert.

Wird vorstehende Beziehung, also b -Richtung = b^* -Richtung „ideales Mikroklingesetz“ genannt, so zeigte sich im Verlaufe einer Untersuchung über Mikroklin-Perthite (LAVES und SOLDATOS, 1962), daß gelegentlich Abweichungen von dieser Idealität beobachtbar sind, welche zwar gering aber doch deutlich sind. Einen Fall mit relativ starker Abweichung zeigt Abb. 1. Man erkennt eine deutliche Unsymmetrie, die sich durch den Winkel ausdrücken läßt, welchen b und b^* miteinander bilden. Für das Material der Abb. 1 ist dieser Winkel $b \wedge b^* = 20'$. Man kann ihn leicht sehr genau messen, wenn man Precession-Aufnahmen herstellt, bei welchen diejenige irrationale Richtung als Präzessionsachse gewählt wird, welche im Rhombischen Schnitt liegend, senkrecht auf derjenigen b -Achsen-Richtung steht, welche den beiden nach dem Periklingesetz verzwilligten Teilen gemeinsam ist, sofern die b^* -Achsen der beiden nach dem Periklingesetz orientierten Teile und die b^* -Achse der nach dem Albitgesetz orientierten Teile in einer Ebene liegen. (Dies war bei den von uns untersuchten Proben stets der Fall). Es wird dann diejenige Ebene des reziproken Raumes als nullte Schichtebene abgebildet, welche alle vier b^* -Achsen, also die $0k0$ -Reflexe der nach dem Periklin- und dem Albit-Gesetz verzwilligten Anteile enthält. Dabei ist natürlich zu bedenken, daß die b^* -Achsen der beiden nach dem Albit-Gesetz verzwilligten Anteile zusammenfallen. Abb. 2 zeigt eine solche Aufnahme. Der Winkel zwischen der Winkelhalbierenden (b -Achse) der beiden b^* (Periklin)-Richtungen und der b^* (Albit)-Richtung gibt dann den gesuchten Winkel $b \wedge b^*$ in seiner wahren Größe. In dem Material der Abb. 2 wurde dieser Winkel zu $19'$ gefunden, was im Vergleich zu dem Winkel zwischen den beiden b^* (Periklin)-Achsen, hier zu $4^\circ 37'$ gemessen, relativ klein, aber nicht vernachlässigbar ist.

Es muß darauf hingewiesen werden, daß der Mikroklin in den Proben, welche für die Abb. 1 und 2 dienten, sehr fein verzwillingt (gegittert, bzw. optisch „monoklin“ erscheinend) war (die Proben bestanden also *nicht aus nur vier* einzeln sichtbaren Positionen), so daß diese Verzerrung nicht als Folge einer unidealen einfachen Wachstumsverzwilligung aufgefaßt werden kann.

Tab. 1 gibt eine Zusammenstellung der von uns beobachteten „Verzerrungswerte“.

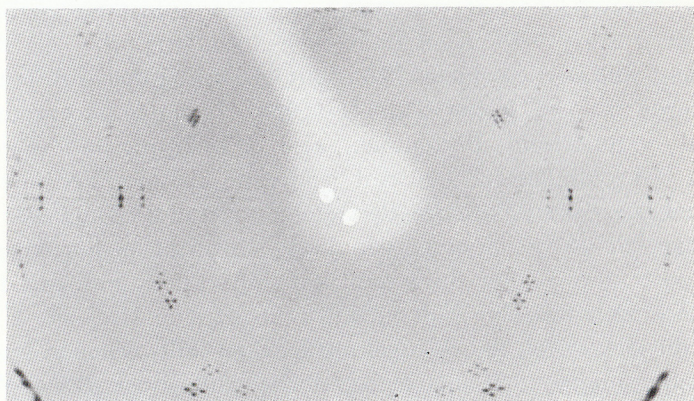


Abb. 2. Precession-Aufnahme (ohne Schichtlinienblende, $\mu = 20^\circ$, Cu-Strahlung). Als Präzessionsachse wurde diejenige im Rhombischen Schnitt liegende irrationale Richtung gewählt, welche senkrecht auf der Zwillingsachse der nach dem Periklinesetz verzwilligten Anteile steht. [Material: C. L. 1; Mikroklin aus Litchfieldit, Blue Mountains, Ontario; siehe Tabelle 1 dieser, sowie Tabelle 2 der Arbeit von LAVES und SOLDATOS (1962)]

Die hier beschriebene Verzerrung ist nicht eine Abart der von SMITH und MACKENZIE (1959) beschriebenen „Diagonalverzwilligung“ wie man leicht aus Abb. 3 entnehmen kann.

Tabelle 1.

„Verzerrungswinkel“ verschiedener Proben, welche nach „verzerrtem“ Mi-Gesetz verzwilligt gefunden wurden.

Nummer und Lokalität	$b \wedge b^*$	$b^*_{(P_1)} \wedge b^*_{(P_2)}$
S 434, Perth	7'	$4^\circ 43'$
S 377, Perth (?)	7'	$4^\circ 43'$
S 435, „Canada“	5'	$4^\circ 37'$
S 474, „Canada“	13'	$4^\circ 42'$
S 475, Matawa, Ontario	12'	$4^\circ 38'$
S 476, Kipawa, Quebec	20'	$4^\circ 40'$
C. L. 1, Litchfieldit, Blue Mountains, Ont.	19'	$4^\circ 37'$

Diskussion

Als Grund für diese „Verzerrung“ sollen folgende zwei Möglichkeiten diskutiert werden.

A. Ein ursprünglich monokliner Sanidin könnte bei Unterschreitung der diffusiven Transformations-Temperatur Sanidin $\rightarrow$ Mikroklin (monoklin $\rightarrow$ triklin) ein Einkristall geblieben sein, unter Ausbildung trikliner Geometrie in Richtung auf diejenige des maximalen Mikroklin. Das heißt, in einem solchen Einkristall würde die b -Achse nicht mehr senkrecht auf (010) stehen, bzw. b und b^* würden nicht mehr

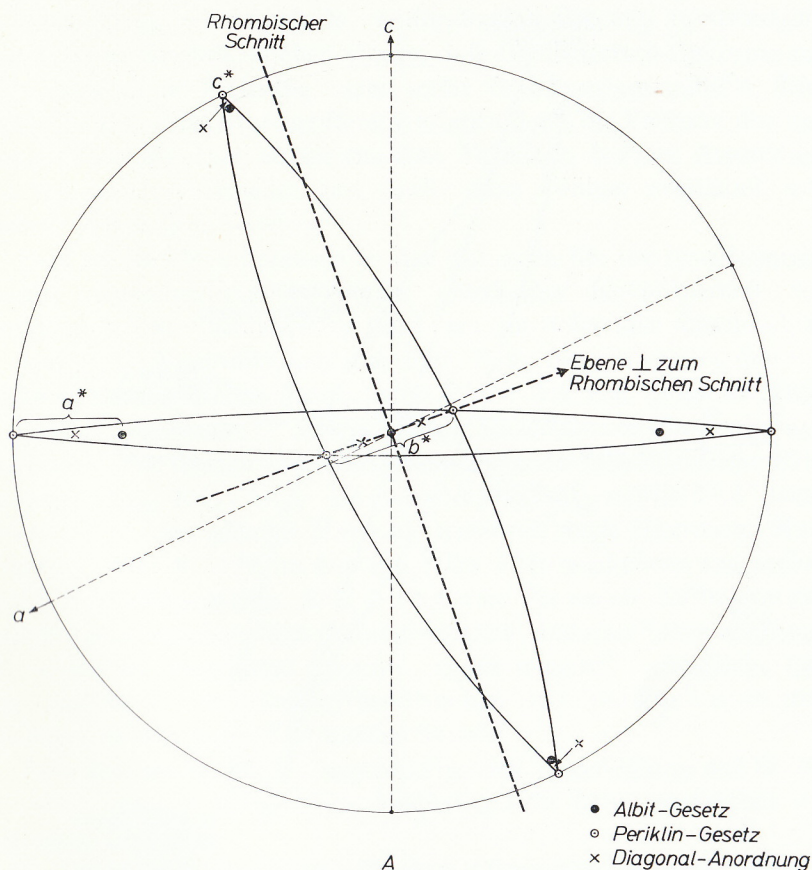


Abb. 3. A. Stereographische Projektion der räumlichen Beziehungen des „Diagonalgesetzes“ nach SMITH und MACKENZIE (1959). Die Lage des Rhombischen Schnittes ($\sim +97^\circ$ von $+a$ nach $+c$ gemessen) wurde hier richtig eingezeichnet. Die Zwillingsgesetz-Winkel wurden übertrieben gezeichnet zwecks besserer Darstellbarkeit

zusammenfallen. Bei Erreichen einer Winkeldifferenz von $b \wedge b^*$ etwa $= 20'$ in den extremen hier beobachteten Fällen würde sich mit sinkender Temperatur bzw. im Verlaufe nachfolgender Zeiträume eine mikroklinartige „gegitterte, aber verzerrte“ Verzwilligung ausgebildet haben mit vier Orientierungen, A_1 und A_2 nach dem Albit-Gesetz sowie P_1 und P_2 nach dem Periklingesetz; im Ablauf weiterer Zeiten würde dann die Triklinität dieser vier Orientierungen maximal geworden sein, wobei die Winkeldifferenz $b \wedge b^*$ mehr oder weniger beibehalten worden wäre.

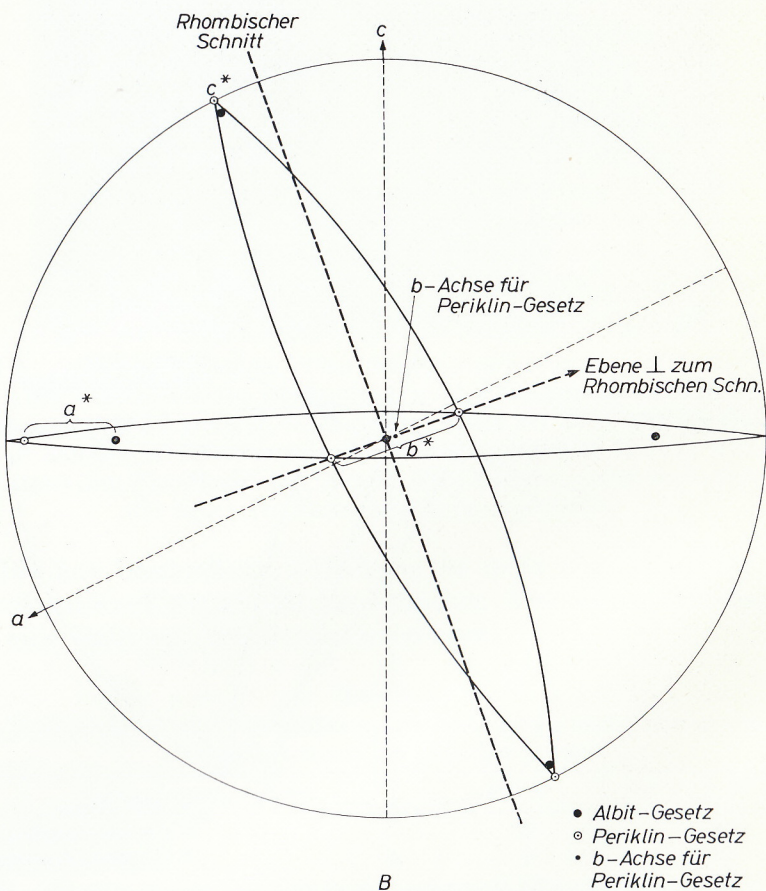


Abb. 3. B. Stereographische Projektion der räumlichen Beziehungen des hier beschriebenen „verzerrten Mikroklin“-Gesetzes. Auch hier wurden die Zwillingsgesetz-Winkel übertrieben gezeichnet. — Das Zentrum beider Figuren ist die Projektion von (010) des Albit-Gesetzes

Eine solche genetische Deutung erscheint uns jedoch aus mehreren Gründen unwahrscheinlich, und wir ziehen die folgende vor:

B. Ein ursprünglich monokliner Sanidinkristall sollte zwar theoretisch beim Unterschreiten der diffusiven Transformations-Temperatur Sanidin $\rightarrow$ Mikroklin (monoklin $\rightarrow$ triklin) mit gleicher Wahrscheinlichkeit Zwillingsdomänen in „Rechts-“ und in „Links“-Stellung ausbilden. Durch zufällige Faktoren (z. B. infolge einer von außen auf den Kristall wirkenden Spannung) könnte dann aber der Fall eintreten, daß zu Beginn der Ausbildung trikliner Domänen entweder eine „Rechts“- oder eine „Links“-Orientierung bevorzugt in Erscheinung treten würde, wodurch sich für den (ursprünglich monoklinen) Kristall ergeben würde, daß die mittlere b -Richtung mit der mittleren b^* -Richtung nicht mehr exakt zusammenfällt. Eine derartige kleine Richtungsdivergenz könnte dann im Verlaufe der weiteren Transformation zu maximalem Mikroklin bei der Ausbildung von Kreuzgitter-Verzwilligung (mehr oder weniger zusätzlich verändert) beibehalten werden.

Daß solche Unsymmetrien in der Tat auch bei der kryptoperthitischen Ausscheidung in einem „Orthoklas“-Kryptoperthit mit Mondsteinschiller beobachtbar sind, sei im folgenden beschrieben:

Durch die Freundlichkeit von Prof. N. L. BOWEN erhielt der eine von uns vor mehreren Jahren eine Probe des von SPENCER (1937, S. 456) als „specimen R“ beschriebenen Materials von Frederiksvärn, Norwegen. Von diesem Material gab SPENCER die folgende Zusammensetzung: $\text{Or}_{43,3} \text{Ab}_{50,7} \text{An}_{4,2}$. Als Achsenwinkel $2V_\alpha$ wurde $71,3^\circ$ angegeben. Über das gleiche Material berichten auch SMITH und MACKENZIE (1959, S. 1171) in bezug auf die Gitterwinkel der ausgeschiedenen Na-Feldspatphase. Abb. 4 zeigt eine Precession-Aufnahme mit a als Präzessionsachse. Man erkennt deutlich, daß sich dieser ursprünglich sicherlich monokline Sanidin „unsymmetrisch“ entmischt hat, ohne daß dafür vom strukturtheoretischen Standpunkte aus ein vernünftiger Grund angegeben werden könnte.

Eine Erklärung dieser Unsymmetrie der Ausscheidung auf Grund der oben unter A diskutierten Möglichkeit ist kaum vertretbar aus folgenden Gründen:

1. Wegen des kryptoperthitischen Charakters ist das Material sicherlich ursprünglich als homogener Mischkristall gewachsen.

2. Wegen des hohen Na-Gehaltes ist das Material höchstwahrscheinlich oberhalb 600° als monokliner Na-reicher Sanidin entstanden, mit einer der monoklinen Symmetrie genügenden Al/Si-Unordnung.

3. Im Laufe der Zeit ist kryptoperthitische Entmischung eingetreten, offenbar noch während des monoklinen Zustandes, denn für die beiden Albit-Orientierungen findet man $\alpha^*_1 = 86^\circ 45'$ und $\alpha^*_2 = 86^\circ 52'$ (Mittel = $86^\circ 49'$) mit b^* (Na-Feldspat) $\wedge$ b^* (K-Feldspat) = 0. Durch irgendwelche „zufälligen“ Einflüsse ist aber — wie man leicht an Abb. 4 erkennt — die Na-Feldspat-Ausscheidung nicht völlig „monoklin-symmetrisch“ abgelaufen. Die eine Albit-Zwillingsstellung erscheint bezüglich Menge und Schärfe der Reflexe bevorzugt. Dies ist wiederum

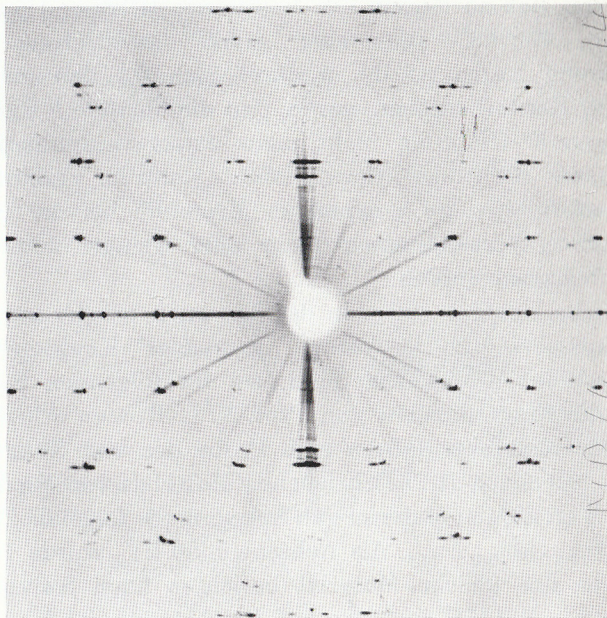


Abb. 4. Precession-Aufnahme (mit a als Präzessionsachse) von einem optisch praktisch „monoklin“ erscheinenden Kryptoperthit (Material: „Spencer R“, Fredriksvärn, Norwegen). Von der Mitte horizontal ausgehend ist die b^* -Achse (020, 040, 060, 080) des K-reichen Wirtes und die gleichgerichtete b^* -Achse der in Albit-Gesetz-Beziehung befindlichen ausgeschiedenen Na-reichen Anteile. Von der Mitte vertikal ausgehend ist die c^* -Achse (001, 002, 003, 004) des K-reichen Wirtes, unsymmetrisch umgeben von den c^* -Achsen der ausgeschiedenen Na-reichen Anteile

von rückwirkendem Einfluß auf den K-reichen Wirtsanteil, der zwar „einkristallin“ ist (d. h. unverzwilligt), aber nicht mehr monoklin. Aus den Precession-Aufnahmen mit a und c als Präzessionsachsen wurde gefunden:

$$\begin{aligned} \alpha^*(K) &= 90^\circ 40' & \gamma^*(K) &= 90^\circ 10' & \alpha^*(Na) &= 86^\circ 49' & \gamma^*(Na) \\ & & & & & = 90^\circ 10' \text{ und } 89^\circ 50' \end{aligned}$$

oder

$$\alpha^*(K) = 89^\circ 20' \quad \gamma^*(K) = 89^\circ 50' \quad \alpha^*(Na) = 86^\circ 49' \quad \gamma^*(Na) \\ = 90^\circ 10' \text{ und } 89^\circ 50',$$

denn wegen der Na-Feldspatverzwilligung kann nicht zwischen positiven und negativen α - und c -Richtungen unterschieden werden. Die Gitterwinkel zeigen jedoch, daß sie deutlich von solchen abweichen, die an homogenen K- und Na-Feldspäten gemessen wurden. Insbesondere fällt auf, daß die Winkel der K-Feldspatkomponente stark von denjenigen abweichen, die bislang an Mikroklinen beobachtet wurden, bei denen stets $(\gamma^* - 90^\circ) \approx 6 (\alpha^* - 90^\circ)$ gefunden wurde (Vgl. z. B. die anfangs gegebenen Werte für maximalen Mikroklin). Hier ist es gerade umgekehrt: $(\gamma^* - 90^\circ) \approx \frac{1}{4} (\alpha^* - 90^\circ)$. Man muß daraus schließen, daß die hier beobachteten Gitterwinkel stark spannungsbeeinflusst sind, weswegen wenig über die „Struktur“ der K- und Na-reichen Domänen ausgesagt werden kann. [In diesem Zusammenhang sei jedoch kurz erwähnt, daß die hier gemessenen γ^* -Werte der Na-reichen Komponente sehr ähnlich sind denjenigen, die bei den Mikroklin-Kryptoperthiten einer folgenden Arbeit (1962) gemessen wurden].

Abschließend sind wir auf Grund vorstehender Überlegungen geneigt, eine gegitterte polysynthetische Verzwilligung auch dann als Folge einer monoklin $\rightarrow$ triklinen Transformation anzusehen, wenn die Orientierungsbeziehungen nur solche sind, wie sie hier als „verzerntes“ Mikroklin-Gesetz beschrieben wurden.

Literatur

- F. LAVES (1950), The lattice and twinning of microcline and other potash feldspars. *J. Geology* **58**, 548–571.
 F. LAVES (1952), Phase relations of the alkali feldspars. *J. Geology* **60**, 436–450 und 549–574.
 F. LAVES und K. SOLDATOS (1962), Die Albit/Mikroklin-Orientierungs-Beziehungen in Mikroklinperthiten und deren genetische Deutung. *Z. Kristallogr.* **117**, im Druck.
 W. S. MACKENZIE (1954), The orthoclase—microcline inversion. *Min. Mag.* **30**, 354–366.
 J. V. SMITH and W. S. MACKENZIE (1959), The alkali feldspars V: The nature of orthoclase and microcline perthites and observations concerning the polymorphism of potassium feldspar. *Am. Min.* **44**, 1169–1186.
 E. SPENCER (1937), The potash-soda feldspars. I. Thermal stability. *Min. Mag.* **24**, 453–494.