

Zur Orientierung der Indikatrix von Hochtemperatur-Plagioklasen in einem andesitischen Gestein aus Island

Autor(en): **Glauser, Alfred**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen
= Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **46 (1966)**

Heft 1

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-36119>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Zur Orientierung der Indikatrix von Hochtemperatur-Plagioklasen in einem andesitischen Gestein aus Island

Von *Alfred Glauser* (Basel)

Mit 7 Textfiguren und 1 Tabelle

Abstract

The optic orientation of some high-temperature-plagioclases in an andesitic rock of Island is given. It could be shown that it is in several cases very similar to that of the classic feldspars of Linosa. A geometric-crystallographic as well as arithmetic-syngonal interpretation of a certain type of labradorite seems to be possible. Furthermore it was tried to interpret optically and crystallographically more complex types of this plagioclase of Akureyri.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung ist die optische Orientierung einiger Hochtemperatur-Andesine und -Labradorite aus einem andesitischen Gestein Islands ermittelt worden. In einigen Fällen wurden Eulerwinkel der optischen Orientierung erhalten, die den bis jetzt bekannten Werten von Hochtemperatur-Material sehr ähnlich sind. Bei den vorliegenden Feldspäten lässt die optische Orientierung oft eine arithmetisch-syngonale und geometrisch-kristallographische Deutung zu. Es wurde gezeigt, dass die seinerzeit gegebene kristallographische Deutung der Hochtemperaturoptik eines Labradorit-Typus von Linosa auch auf verschiedene Labradorite von Akureyri übertragen werden kann. Ferner wurde versucht, komplexere Fälle kristallographisch-optisch zu interpretieren.

In einer Moräne bei Akureyri in Island fand sich ein Andesit-Geschiebe, das Herr Prof. Dr. A. Rittmann dem Mineralogischen Institut in Basel überbracht hatte. Es enthält in einer zum Teil mikrolithischen Grundmasse unzersetzte und oft recht grosse, meist zonar struierte und verzwilligte Hochtemperatur-Plagioklase, von welchen letztes Jahr in dieser Zeitschrift die optischen Eigenheiten einer komplexen Andesin-Zwillingsgruppe mitgeteilt wurden.

In einem Dünnschliff des erwähnten Gesteins wurden seinerzeit im Mineralogischen Institut in Basel im ganzen gegen 30 Zwillingsgruppen mittels des dreikreisigen Universaldrehtisches untersucht. Es würde zu weit führen, die Optik sämtlicher Gruppen zu behandeln. Es möge hier bloss eine Auswahl vorgelegt werden, wobei diejenigen Zwillinge berücksichtigt werden, bei denen mit hinlänglicher Genauigkeit die optische Orientierung der einzelnen Partner bestimmt werden konnte.

Die optischen Messungen am Universaldrehtisch, die Zwillingsgesetze und die Eulerwinkel der optischen Orientierung und die Anorthit-Gehalte finden sich in der Tabelle am Schluss zusammengestellt.

Herr Prof. Wenk hatte die Freundlichkeit, mir die Tabellen zur Verfügung zu stellen, die die Beziehungen der An-Gehalte zu den Eulerwinkeln enthalten, und die es mir erlaubten, den chemischen Charakter der hier zu behandelnden Feldspäte zu bestimmen. Jene Tabellen gehören dem Werk von BURRI, PARKER und WENK (1966) über Feldspat-Bestimmungsmethoden an.

Vom vorliegenden isländischen Material konnten keine chemischen Analysen ausgeführt werden, dagegen wurden die Brechungsindices einiger orientierter Körner bestimmt.

Bei den vorliegenden Zwillingen wurde versucht, allfällige optisch-kristallographische Beziehungen aufzufinden. Meist konnte allerdings nur auf diejenigen Gesetz- oder Regelmässigkeiten hingewiesen werden, die bereits mitgeteilt worden sind. Im folgenden werden nun die einzelnen Zwillingsgruppen behandelt. Deren Numerierung ist diejenige der Originalaufnahmen.

2 AB. Diese grosse zonare Karlsbader Zwillingsgruppe zeigt eine ausgeprägte äussere Zone gleicher Basizität, die beiden Individuen gemeinsam ist (Zone b). Aus den optischen Messungen konnte in der stereographischen Projektion die Zwillingsachse des Karlsbader Gesetzes konstruiert werden. Dabei trat ein Fehlerdreieck in Erscheinung, dessen Seitenlängen kleiner als $\frac{1}{2}^\circ$ waren. Sein Schwerpunkt ist vom Pol (010) 90° entfernt. Wie beim beschriebenen Labradorit von Linosa (GLAUSER 1963), so wurden auch im vorliegenden Fall durch die beiden n_α und je ein n_γ des einen und n_β des anderen Individuums Ebenen gelegt. Diese schneiden sich in drei Geraden, die in der stereographischen Projektion ein Dreieck bilden mit Seitenlängen von höchstens 2° . Es liegt also ein gleicher Karlsbader Zwillingstyp vor, wie ihn der erwähnte Labradorit aus Linosa darstellt, und es wird gerechtfertigt sein, dass die kristallographisch-optischen Gesetzmässigkeiten, die an diesem Typus zutage treten,

nochmals etwas ausführlich behandelt werden, zumal hier einige weitere ähnliche Verzwilligungen behandelt werden.

Die kristallographischen Daten der vorliegenden Gruppe ermöglichen es, die optische Orientierung der Partner zu ermitteln (siehe die Tabelle am Schluss). Die entsprechenden Eulerwinkel der beiden Partner weichen maximal $1\frac{1}{2}^\circ$ voneinander ab. Die optische Orientierung kommt derjenigen des erwähnten Labradorites aus Linosa ziemlich nahe. Die Eulerwinkel seien hier einander gegenübergestellt:

Labradorit	Individ.	ϕ°	ψ°	θ°
Linosa	A _a	72	43,5	42,5
„	B _a	69,5	42	42
„	C _a	72,5	43,5	43
Akureyri	2 A _b	70,5	43,5	41
„	2 B _b	70,5	45	41,5

Nach der Bestimmungstabelle von C. BURRI, R. L. PARKER und E. WENK (1965) resultiert für diesen Labradorit ein An-Gehalt von ziemlich genau 55%.

Neben (010) findet sich ausserdem im Ind. B ein wiederholt vorkommender Spaltriss. Obschon seine Höhe schwer einmessbar war, ist es nicht ausgeschlossen, dass es sich um die Fläche ($\bar{2}01$) handelt. Sein gemessener und umprojizierter Pol weicht $2\frac{1}{2}^\circ$ vom effektiven des Anorthites ab.

Die Gruppe 2 AB besitzt einen basischen Kern (A_aB_a), der auch eingemessen wurde. Obschon die Konstruktion der Zwillingsachse desselben nur ein kleines Fehlerdreieck ergab (Seitenlängen kleiner als 1°), zeigen die optischen Vektoren keine besonders gute Symmetrie in Beziehung zu dieser „Zwillingsachse“, da die einander entsprechenden Winkel stark voneinander abweichen. Ferner differiert die konstruierte Zwillingsachse des Karlsbader Gesetzes von A_aB_a von derjenigen der Zone A_bB_b um ca. 3° . Aus diesen Gründen soll dieser basische Kern vorläufig nicht zur optischen Orientierung des Feldspates verwendet werden. Die entsprechenden Messungen finden sich jedoch in der Tabelle.

Um die Zwillingsgruppe A_bB_b in ihren kristallographisch-optischen Gesetzmässigkeiten näher prüfen zu können, wurden 1. die optischen Vektoren des Ind. B_b in die übliche Aufstellung (Projektionsebene senkrecht c) umprojiziert, 2. die optischen Vektoren des Partners A_b in das Kristallgebäude von B_b hineinprojiziert, und zwar ebenfalls durch dieselbe Transformation der stereographischen Projektion der Ausgangspositionen, 3. wie beim Labradorit aus Linosa (1963) wurde die Pause

mit der so transformierten stereographischen Projektion auf eine solche des Anorthites gelegt, deren Flächenpole aus der Goldschmidtschen Winkeltabelle entnommen wurden. Da der vorliegende Labradorit einen An-Gehalt von ca. 50% besitzt, hätte ihm auch ohne weiteres die Projektion des Albites zu Grunde gelegt werden können. Die Flächenpole der beiden weichen nur derart wenig voneinander ab, dass es für die Wahl belanglos ist.

Fig. 1 stellt die stereographische Projektion des Ind. B_b mit seinen Flächenpolen und Zonen, die freilich meist nur potentiell sind. In ihr sind seine optischen Vektoren eingetragen, ferner diejenigen seines Zwillingspartners A_b . Wie beim erwähnten Labradorit von Linosa nehmen die optischen Vektoren der beiden Individuen dieselben charakte-

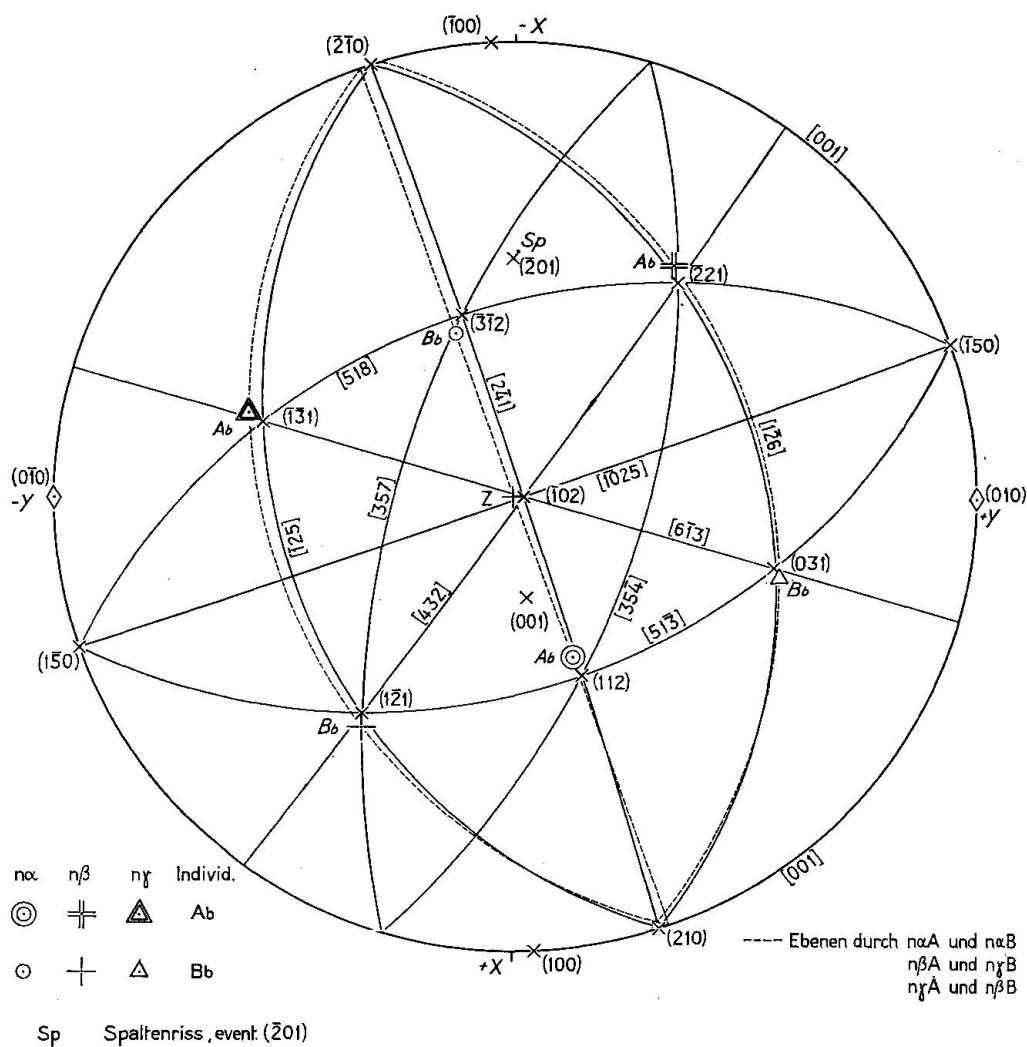


Fig. 1.

ristischen Lagen ein hinsichtlich der Pole bezeichnender Flächen. Die Entfernungen der Ausstiche der optischen Symmetrieachsen von den in der Nähe liegenden Flächenpolen mit rel. einfachen Indices sind die folgenden:

Ind. B_b : $n \gamma$ 2° von (031), $n \beta$ 2° von ($\bar{1}\bar{2}1$), $n \alpha$ $4\frac{1}{2}^\circ$ von ($\bar{3}\bar{1}2$).

Ind. A_b : Optik in B_b : $n \gamma$ $3\frac{1}{2}^\circ$ von ($\bar{1}\bar{3}1$), $n \beta$ $3\frac{1}{2}^\circ$ von ($\bar{2}\bar{2}1$), $n \alpha$ 5° von (112).

Wie beim Labradorit von Linosa aufgezeigt worden ist, weisen die Flächenpole bei den einander entsprechenden optischen Vektoren symmetrische Lagen hinsichtlich ($\bar{1}02$) auf, was durch die Komplikation ihrer Symbole erhellt:

(031) bei $n \gamma B_b + (\bar{1}\bar{3}1)$ bei $n \gamma A_b = (\bar{1}02)$,

($\bar{1}\bar{2}1$) bei $n \beta B_b + (\bar{2}\bar{2}1)$ bei $n \beta A_b = (\bar{1}02)$,

($\bar{3}\bar{1}2$) bei $n \alpha B_b + (112)$ bei $n \alpha A_b = (\bar{1}02)$.

($\bar{1}02$) kann mit der pseudomonoklinen c-Achse identifiziert werden. Doch diese kann im vorliegenden Fall auch als eine zweizählige Achse eines pseudorhombischen Systems gedeutet werden, dessen zwei-zählige Achsen mit a, b, c, resp. x, y, z identifiziert werden können, wobei a die Zwillingsachse des Roc Tourné-Gesetzes und b diejenige des Albitgesetzes darstellt. In der stereographischen Projektion der Fig. 1 kommt der pseudorhombische Aspekt sowohl hinsichtlich der Kristallographie als auch der Optik gut zum Ausdruck. Die Zonengürtel [$\bar{2}\bar{4}1$] und [$\bar{1}025$] bilden die beiden fast zu einander senkrechten Symmetrieebenen, die einander in ($\bar{1}02$) schneiden.

Die drei Ebenen, die durch die optischen Vektoren $n \alpha - n \alpha$, je $n \gamma - n \beta$ gelegt werden können, sind ähnlich gelagert wie die Zonengürtel [$\bar{1}\bar{2}5$], [$\bar{2}\bar{4}1$] und [$\bar{1}\bar{2}6$], auf welchen die den optischen Vektoren benachbarten Flächenpole liegen. Der Schwerpunkt des kleinen sphärischen Dreieckes, das durch die Ausstichpunkte der Schnittgeraden der drei erwähnten Ebenen gebildet wird, ist ca. 2° vom Pol (210) entfernt (siehe Fig. 1).

10 AB. Bei dieser zonar gebauten Karlsbader Zwillingsgruppe konnte nur der basische Kern ($10 A_a B_a$) zur optischen Orientierung verwertet werden. Die Konstruktion der Zwillingsachse ergab ein Fehlerdreieck mit einer maximalen Seitenlänge von 3° . Der Winkel zwischen dem Schwerpunkt desselben und dem Pol (010) weicht um $\frac{1}{2}^\circ$ von 90° ab. Die entsprechenden Eulerwinkel (siehe die Tabelle am Schluss) weichen maximal $2,5^\circ$ voneinander ab. Werden auch hier je ein $n \gamma$ des einen mit $n \beta$ des anderen Individ. und die beiden $n \alpha$ miteinander durch Ebenen verbunden, schneiden sich diese drei Ebenen in Geraden, die

ähnlich gerichtet sind. Die in der stereographischen Projektion als Punkte dargestellten Geraden bilden im vorliegenden Fall ein Dreieck, dessen maximale Seitenlänge $11\text{--}12^\circ$ beträgt. Auch bei dieser Gruppe wurde das eine Individ. (A) in die übliche Aufstellung (Projektionsebene senkrecht c transformiert) wobei auch die Optik des Partners B im Kristallgebäude von A zur Darstellung gelangte. Die stereographische Projektion ergab, dass diese Karlsbaderzwillingsgruppe wie 2 AB, also wie der beschriebene Labradorit von Linosa gedeutet werden kann; es treten nämlich die gleichen kristallographisch-optischen Beziehungen in Erscheinung. Die Entfernungen, die die Ausstiche der optischen Symmetrieachsen von den Flächenpolen mit rel. einfachen Indices innehaben, sind die folgenden:

$$\begin{aligned} \text{Ind. } A_a & n \gamma 3^\circ \text{ von } (301), n \beta 2^\circ \text{ von } (1\bar{2}1), n \alpha 2\frac{1}{2}^\circ \text{ von } (\bar{3}\bar{1}2). \\ \text{Ind. } B_a & n \gamma 3\frac{1}{2}^\circ \text{ von } (\bar{1}31), n \beta 3^\circ \text{ von } (\bar{2}21), n \alpha 4^\circ \text{ von } (112). \end{aligned}$$

Der Schwerpunkt jenes sphärischen Dreieckes, das durch die Ausstiche der Schnittgeraden der Ebenen gebildet wird, die durch z. T. ungleiche optische Vektoren gelegt werden können, weicht vom Pol (210) ca. $4\text{--}5^\circ$ ab.

Wie im vorhergehenden Fall beträgt der An-Gehalt ca. 55%.

17 ABCD. Dieser grosse, komplex aufgebaute Zwillingsstock weist vier Gruppen von Individuen (ABCD) auf, die nach Albit, Karlsbad und

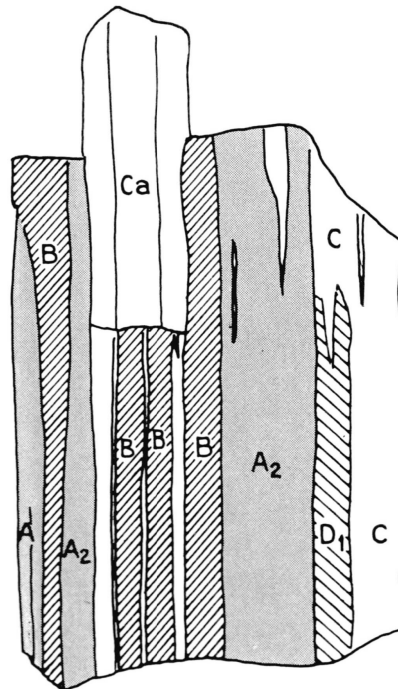


Fig. 2.

Roc Tourné verzwillingt sind (siehe Fig. 2 und die Tabelle am Schluss). Zur optischen Orientierung konnten jedoch nur A_2 , B und die Zone a von C benutzt werden. Die Konstruktion der Zwillingsachse des Karlsbader Gesetzes BC ergab ein kleines Fehlerdreieck; seine maximale Seitenlänge beträgt maximal $1/2^\circ$. Bei AC, dem Roc Tourné-Gesetz, wurde ein Fehlerdreieck der Zwillingsachse mit einer Seitenlänge von max. $2 1/2^\circ$ erhalten. Dasjenige der Zwillingsachse des Albitgesetzes AB weist dagegen eine maximale Seitenlänge von $5 1/2^\circ$ bis 6° auf. (Die entsprechenden n_α liegen rel. nahe beieinander!) Der Schwerpunkt des Fehlerdreieckes der Zwillingsachse des Roc Tourné-Gesetzes AC bildet mit derjenigen des Karlsbader Gesetzes BC einem Winkel von $89,5^\circ$. Der Pol der Fläche (010) passt in diesem Fall entschieden besser zu jenen

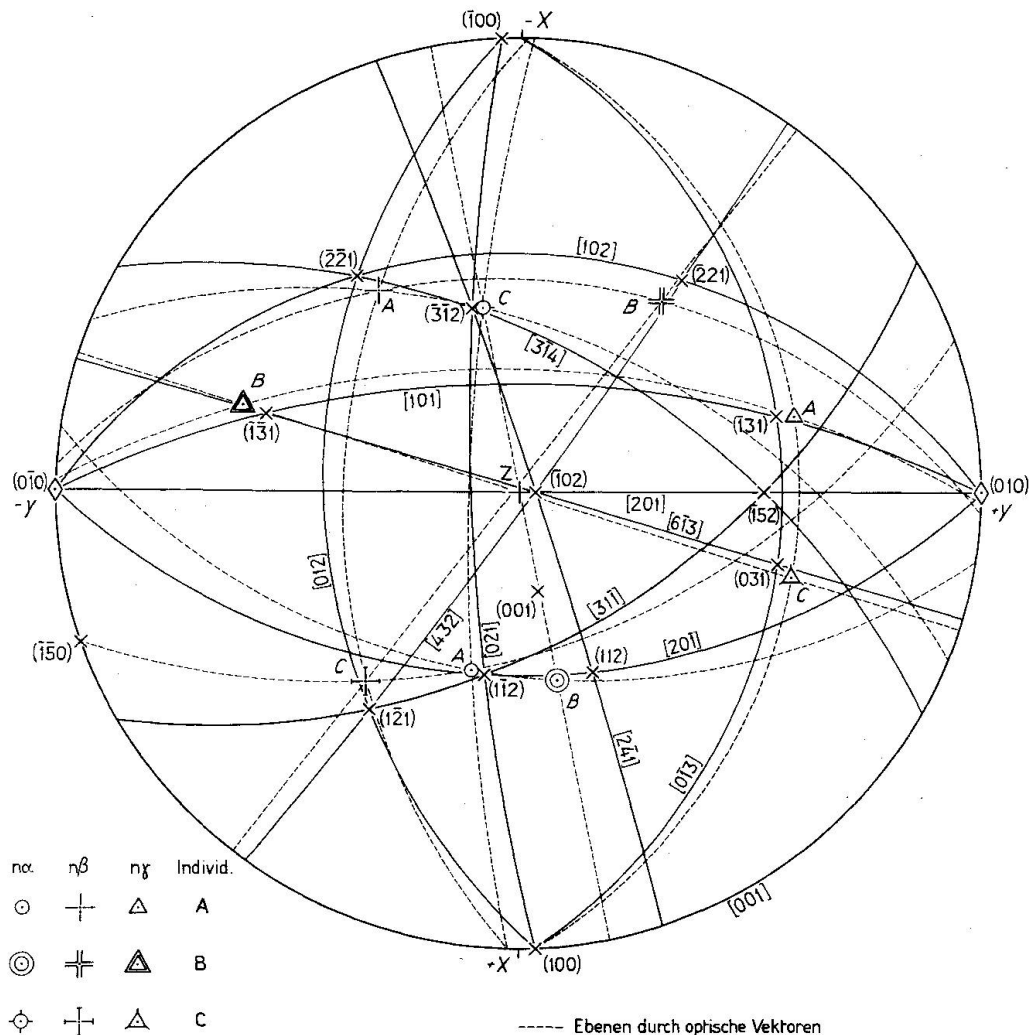


Fig. 3.

beiden Zwillingsachsen des Karlsbader und Roc Tourné-Gesetzes, indem die Winkel, die er mit ihnen einschliesst, $89-90^\circ$ betragen. Die dem Zwillingsverband entnommenen Eulerwinkel der optischen Orientierung finden sich in der Tabelle. Während diejenigen für B und C_a sozusagen dieselben sind und auf einen An-Gehalt von ziemlich genau 50% hinzuweisen scheinen, weichen die entsprechenden Eulerwinkel von A_2 um ca. $2-3^\circ$ ab, und zwar derart, dass sie auf einen leicht basischeren Feldspat schliessen lassen.

Auf Fig. 3 sind die optischen Vektoren der drei erwähnten Individuen dieses Zwillingsstockes im Kristallgebäude des Ind. C_a dargestellt, wobei der Projektion die Kristallographie des Anorthites zu Grunde gelegt wurde. Durch die Flächenpole mit rel. einfachen Indices, die in der Nähe der optischen Vektoren liegen, sind die gleichen Zonengürtel eingetragen worden, die auf Tafel I in GLAUSER (1963) beim Labradorit von Linosa dargestellt worden sind. Ferner sind auch die Ebenen durch je zwei gleiche optische Symmetrieachsen je zweier Individuen gelegt. Fig. 3 zeigt, dass auch in diesem Fall jene Zonen und opt. Vektorebenen ähnlich liegen. Es mögen auch hier die Entfernungen der opt. Symmetrieachsen von den Flächenpolen mit rel. einfachen Indices wiedergegeben werden.

Ind. C_a : $n \gamma 4^\circ$ von (031), $n \beta 5\frac{1}{2}^\circ$ von ($\bar{1}\bar{2}1$), $n \alpha 2^\circ$ von ($\bar{3}\bar{1}2$),

Ind. A_2 : $n \gamma 3\frac{1}{2}^\circ$ von ($\bar{1}31$), $n \beta 5\frac{1}{2}^\circ$ von ($\bar{2}\bar{2}1$), $n \alpha 3^\circ$ von ($\bar{1}\bar{1}2$),

Ind. B_1 : $n \gamma 5^\circ$ von ($\bar{1}\bar{3}1$), $n \beta 5\frac{1}{2}^\circ$ von ($\bar{2}\bar{2}1$), $n \alpha 7\frac{1}{2}^\circ$ von (112).

Es scheint hier auch ein Fall vorzuliegen, bei dem der pseudorhombische Charakter des ganzen Systemes in Erscheinung tritt, denn durch die zwei-zählige Drehoperation um die Zwillingsachsen Albit, Karlsbad und Roc Tourné lassen sich die Flächen ableiten, in deren Nähe die optischen Vektoren der Zwillingspartner liegen.

Wird C als Ausgangsindividuum angesehen — wie dies auf Fig. 3 dargestellt ist — können durch die zwei-zählige Drehoperation um die Zwillingsachse des Karlsbader Gesetzes die folgenden, bei den entsprechenden optischen Vektoren liegenden Flächenpole aus einander abgeleitet werden (siehe auch 2 AB und den Labradorit in GLAUSER, 1963):

(031) bei $n \gamma C$ ergibt ($\bar{1}\bar{3}1$) bei $n \gamma B$,

($\bar{1}\bar{2}1$) bei $n \beta C$ ergibt ($\bar{2}\bar{2}1$) bei $n \beta B$,

($\bar{3}\bar{1}2$) bei $n \alpha C$ ergibt (112) bei $n \alpha B$.

Durch Addition der einander entsprechenden Symbole wird ($\bar{1}02$) das Äquivalent der pseudomonoklinen c-Achse erhalten.

Die Drehoperation um die Zwillingssachse des Roc Tourné-Gesetzes ergibt die folgenden Beziehungen:

$$\begin{aligned} (031) \text{ bei } n \gamma C \text{ ergibt } (\bar{1}31) \text{ bei } n \gamma A, \\ (\bar{1}21) \text{ bei } n \beta C \text{ ergibt } (\bar{2}21) \text{ bei } n \beta A, \\ (\bar{3}12) \text{ bei } n \alpha C \text{ ergibt } (1\bar{1}2) \text{ bei } n \alpha A. \end{aligned}$$

Durch Subtraktion der korrespondierenden Symbole resultiert das Symbol [100] der Drehachse des Roc Tourné-Gesetzes.

Um den pseudorhombischen Charakter des Albitgesetzes an diesem Zwillingstock aufzeigen zu können, wäre es notwendig, ein anderes Ind. als C als Ausgangsind. zu wählen. Da es sich jedoch um den gleichen Typus des Karlsbader Gesetzes handelt wie beim Labradorit von Linosa, möge auf Tafel I in GLAUSER (1963) verwiesen werden, aus der die folgenden, durch die zwei-zählige Drehoperation des Albitgesetzes aus einander ableitbaren Flächensymbole entnommen werden können:

$$\begin{aligned} (031) \text{ ergibt } (0\bar{3}1), \\ (\bar{1}21) \text{ ergibt } (121), \\ (\bar{3}12) \text{ ergibt } (\bar{3}12). \end{aligned}$$

Durch Subtraktion der entsprechenden Symbole wird (010), die Zwillingssachse des Albitgesetzes erhalten.

Aus den Indices der den drei optischen Vektoren benachbarten Flächen des Ausgangsindividuums lassen sich also durch die zwei-zähligen Drehoperationen des Albit-, Karlsbad-, und Roc Tourné-Gesetzes je weitere drei, einander korrespondierende Symbole herleiten, und wir erhalten so drei Gruppen zu je vier einander entsprechender Symbole:

bei $n \gamma$	bei $n \beta$	bei $n \alpha$
031	$\bar{1}21$	$\bar{3}12$
$\bar{1}31$	$\bar{2}21$	112
$\bar{1}31$	$\bar{2}21$	$1\bar{1}2$
$0\bar{3}1$	121	$\bar{3}12$

Diese Symbole haben die folgende charakteristische Eigenschaft: Sowohl ihre Summe in der Vertikalen, als auch in der Horizontalen beträgt $\bar{2}04$, resp. $\bar{4}08$. Es ist dies das Symbol der pseudomonoklinen c-Achse.

Dieser scheint eine zweifache Bedeutung zuzukommen: Für je zwei Paare der erwähnten Flächengruppen ist sie eine Pseudodigyre und hinsichtlich der bei den optischen Vektoren eines Zwillingpartners liegenden Flächen stellt sie eine Pseudotrigyre dar. Es sei hier an die Herleitung der Indices eines bei einem optischen Vektor austretenden Flächenpols

erinnert. Er wird bei diesem Typus dadurch erhalten, dass die Indices der bei den anderen Vektoren des Ind. liegenden Flächenpolsymbole addiert werden und das Doppelte von $\bar{1}02$ subtrahiert wird. Die mehr oder weniger symmetrische Stellung der pseudomonoklinen c-Achse hinsichtlich der optischen Orientierung dieses Labradorit-Typs tritt somit in Erscheinung.

Wie bei den vorher besprochenen Zwillinggruppen, können auch hier ähnlich gerichtete Schnittgeraden von Ebenen gefunden werden, die sich dadurch ergeben, dass für je zwei Individuen neben den Ebenen durch zwei gleiche optische Vektoren auch diejenigen durch je zwei Paare ungleicher gelegt werden. Dies ist hier jedoch nicht beim Karlsbader-, sondern beim Roc Tourné-Gesetz AC der Fall. Es sind dies die folgenden Ebenen: 1. Ebene durch $n \gamma$ der beiden Individuen, 2. die beiden Ebenen durch je ein $n \beta$ und $n \alpha$. Diese drei Ebenen schneiden einander in Geraden, die in der stereographischen Projektion ein Dreieck von einer maximalen Seitenlänge von nur ca. 7° ergeben. Sein Schwerpunkt mag ca. $1\frac{1}{2}^\circ$ vom Zonengürtel [201] entfernt sein. Die erwähnten Ebenen haben ähnliche Richtungen wie die folgenden Zonengürtel:

$$\begin{aligned} \text{Ebene } n \gamma - n \gamma &\sim [0\bar{1}3] \\ \text{Ebene } n \beta C - n \alpha A &\sim [3\bar{1}\bar{1}] \\ \text{Ebene } n \beta A - n \alpha C &\sim [3\bar{1}4] \end{aligned}$$

Diese drei Zonengürtel schneiden einander auch in Geraden, die ähnlich gerichtet sind und deren Ausstichpunkte in der stereographischen Projektion ein rel. kleines sphärisches Dreieck ergeben. Seine maximale Seitenlänge beträgt ca. 7° und sein Schwerpunkt liegt auf dem Zonengürtel [201]. Er ist aber nicht identisch mit jenem des kleinen sphärischen Dreieckes, das sich aus den Schnittgeraden der Ebenen durch die erwähnten optischen Vektoren ergibt. Es sei auf Fig. 3 verwiesen.

23 ABC. Die folgenden Zwillinggesetze sind an dieser Gruppe verwirklicht: AC: Albit, BC: Karlsbad, AB: Roc Tourné. Die übliche, die Zwillingsoptik benützende Konstruktion der Zwillingachsen der Zonen A_a , B und C_b zeigt die folgenden Abweichungen vom Idealfall:

1. Albitgesetz: Fehlerdreieck der Zwillingssachse mit maximaler Seitenlänge von $2\frac{1}{2}^\circ$. Der Schwerpunkt desselben ist ca. $1\frac{1}{2}^\circ$ bis 2° vom Pol (010) entfernt.

2. Karlsbader Gesetz: Das Fehlerdreieck der konst. Zwillingssachse hat eine maximale Seitenlänge von ca. 1° . Sein Schwerpunkt ist je 89° vom Pol (010) und vom Schwerpunkt des Fehlerdreieckes des Albitgesetzes entfernt.

3. Roc Tourné-Gesetz: Das Fehlerdreieck der Zwillingsachse zeigt hier eine maximale Seitenlänge von 6° . Sein Schwerpunkt ist 88° vom Pol (010) und $90,5^\circ$ vom Schwerpunkt des Fehlerdreieckes des Albitgesetzes und ca. 90° vom Schwerpunkt des Fehlerdreieckes der Zwillingsachse des Karlsbader Gesetzes entfernt.

Die Eulerwinkel der optischen Orientierung und die Achsenwinkel finden sich in der Tabelle. Aus ihnen ist zu ersehen, dass die Symmetrie nicht vollkommen ist. Die maximalen Abweichungen entsprechender Eulerwinkel betragen um 3° .

Beim Karlsbader Gesetz BC dieser Gruppe tritt in der stereographischen Projektion wiederum das rel. kleine sphärische Dreieck in Erscheinung, das sich durch die Schnittgeraden der folgenden Ebenen miteinander ergibt: 1. die Ebene durch die beiden n_α ; 2. die beiden Ebenen durch je ein n_β und n_γ der beiden Partner. Die Seitenlängen dieses sphärischen Dreieckes betragen 7° bis 8° . Beim Roc Tourné-Gesetz AB ergibt sich in diesem Fall in der stereographischen Projektion ein wesentlich grösseres sphärisches Dreieck der Schnittgeraden als bei der besprochenen Roc Tourné-Gruppe 17 AC, wenn die Ebenen durch die beiden n_γ und je ein n_α und ein n_β zum Schnitt gebracht werden. Die Projektion des Systems auf die Ebene senkrecht c eines der Individuen (B) ergab denn auch die bekannten kristallographischen Regelmässigkeiten mit den hohen Symmetrien, bzw. Pseudosymmetrien in der gegenseitigen Lage der optischen Vektoren. Es möge dies wenigstens insofern aufgezeigt werden, als die den optischen Vektoren benachbarten Flächenpole und die Abstände zu denselben angeführt werden, wobei dem Ind. B in der üblichen Aufstellung die Projektion des Anorthites zu Grunde gelegt wird.

Ind. B: $n_\gamma 1^\circ$ von (031), $n_\beta 1\frac{1}{2}^\circ$ von ($\bar{1}\bar{2}1$), $n_\alpha 4\frac{1}{2}^\circ$ von ($\bar{3}\bar{1}2$),

Ind. A: $n_\gamma 2\frac{1}{2}^\circ$ von ($\bar{1}31$), $n_\beta 2\frac{1}{2}^\circ$ von ($\bar{2}\bar{2}1$), $n_\alpha 3\frac{1}{2}^\circ$ von ($\bar{1}\bar{1}2$),

Ind. C: $n_\gamma 3^\circ$ von ($\bar{1}\bar{3}1$), $n_\beta 3^\circ$ von ($\bar{2}\bar{2}1$), $n_\alpha 4\frac{1}{2}^\circ$ von (112).

Es liegen hier also die ähnlichen Verhältnisse vor wie beim Labradorit Nr. 17 und demjenigen von Linosa. Hinsichtlich die optische Orientierung und die An-Gehalte sei auf die Tabelle verwiesen.

14 AB. Es handelt sich hier um eine stark zonare Gruppe (Fig. 4). Es wurde vorerst versucht, Zonen möglichst ähnlicher oder gar gleicher Basizität der beiden Partner miteinander in Beziehung zu setzen; indem die Lagen der opt. Symmetrieachsen in der stereograph. Projektion fixiert und dann auf die übliche Weise die Zwillingsachse des Roc Tourné-Gesetzes bestimmt wurde. Die Messungen der ermittelten Basizitäts-

zonen finden sich in der Tabelle. Es zeigte sich, dass das Fehlerdreieck der Zwillingsachse am kleinsten wurde, wenn die Ebenen durch die einander entsprechenden optischen Vektoren der Zonen A_c und B_a miteinander zum Schnitt gebracht wurden. In diesem Fall beträgt die maximale Seitenlänge desselben $2\frac{1}{2}^\circ$. Das nächst grössere Fehlerdreieck der Zwillingsachse, dessen Schwerpunkt allenfalls zur optischen Orientierung benutzt werden könnte, wird durch die Konstruktion der Zwillingsachse der Basizitätszonen $A_c B_d$ erhalten. Seine maximale Seiten-

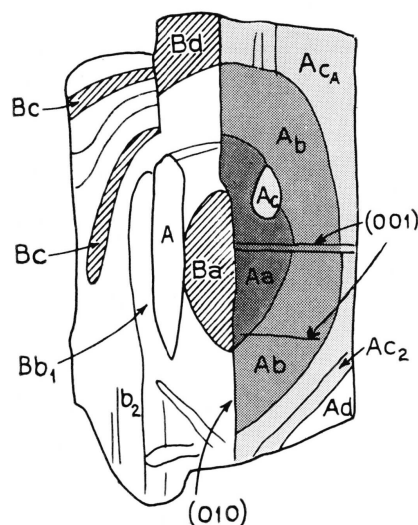


Fig. 4.

länge beträgt 9° . Es wurde geprüft, welche Abstände die Schwerpunkte dieser Fehlerdreiecke, von denen das erstere innerhalb des letzteren liegt, voneinander haben. Die Konstruktion ergab, dass diese Schwerpunkte $1\frac{1}{2}^\circ$ voneinander entfernt sind. Ferner wurden die Winkel gemessen, die die optischen Symmetrieachsen der Basizitätszonen $A_c B_a$ vom Schwerpunkt des kleineren der beiden Fehlerdreiecke bilden. Es sind dies die folgenden:

Ind.	$n \alpha$	$n \beta$	$n \gamma$
A_c	$34,5^\circ$	59°	77°
B_a	33°	$60,5^\circ$	$77,5^\circ$

Auf Grund der rel. kleinen Abweichungen — die maximale Differenz beträgt $1\frac{1}{2}^\circ$ — wurde der Schwerpunkt des kleinsten der konstruierten Fehlerdreiecke als Ausstichpunkt der Zwillingsachse des Roc Tourné-Gesetzes angesehen. An kristallographischen Daten liegen ferner vor: die Fläche (010), deren Höhe ziemlich genau gemessen und die Basis des Ind. A, die sowohl als Verwachsungsfläche einer dünnen Lamelle, als auch als Spaltriss eingemessen werden konnte. Auch in diesem Fall war

die Höhe ziemlich gut einmessbar. Die Zwillingsachse des Roc Tourné-Gesetzes ist ziemlich genau 90° vom Pol (010) entfernt. Bei der Projektion auf die Ebene senkrecht c ergab sich, dass der gemessene und umprojizierte Pol der Basis ca. 2° vom eigentlichen Pol dieser Fläche des Albites abweicht.

Es wurde nun die optische Orientierung der auf Fig. 4 dargestellten Zonen der Ind. A und B ermittelt. Die Eulerwinkel und wenn möglich auch die Achsenwinkel sind in der Tabelle zusammengestellt. Aus BURRI (1956) kann entnommen werden, dass die Zonenbereiche $A_{c,d}$, $B_{a,c}$ z. T. recht ähnliche Eulerwinkel abgeben wie der Andesin von St. Raphael des Esterel-Massivs. Die optischen Orientierungen dieser beiden Andesine seien hier einander gegenüber gestellt.

Andesin	ϕ°	ψ°	θ°	$2\nu^\circ$
St. Raphael	86,8	64,2	57,1	
Akureyri, 14 $A_{c,d}$	88,5	63	56	90
Akureyri, 14 B_a	89	64	57,5	
Akureyri, 14 B_c	86	65,5	58	

Auf Grund der Eulerwinkeltabellen von BURRI, PARKER, WENK (1956) kann auf einen An-Gehalt von ca. 40% geschlossen werden. Die Eulerwinkel der Basizitätszone B_d des vorliegenden Andesins scheinen ungefähr denjenigen des Präp. 6' von Linosa (BURRI 1956) zu entsprechen, wie die folgende Gegenüberstellung zeigt.

Andesin	ϕ°	ψ°	θ°
Linosa, 6'	86,9	60,6	55,1
Akureyri 14 B_d	86	61	54

Die entsprechenden Eulerwinkel der Basizitätszonen A_a B_d des vorliegenden Andesins weichen ca. 2° voneinander ab, wie die Tabelle am Schluss zeigt. Der An-Gehalt dieser Zonen beträgt nach BURRI, PARKER und WENK 40 bis 45%.

Der stereographischen Projektion senkrecht c wurde eine solche des Albites zu Grunde gelegt, in der die aus der Goldschmidtschen Winkeltabelle entnommenen Flächenpole eingetragen worden sind. Es wurde nun geprüft, ob sich in der Nachbarschaft der optischen Vektoren der erwähnten Basizitätszonen Flächenpole mit rel. einfachen Indices eruieren lassen, die auf gewisse Gesetzmässigkeiten im Hinblick auf $(\bar{1}02)$, die pseudomonokline c-Achse hinweisen. Fig. 5 zeigt nun, dass solche Positionen zu existieren scheinen. Der bei $n\gamma$ austretende Pol (041) liegt auf dem durch $(\bar{1}02)$ gehenden Zonengürtel $[8\bar{1}4]$. Dieser bildet nahezu eine Symmetrieebene hinsichtlich der Pole $(\bar{1}\bar{4}3)$ bei $n\beta$ von A und $(\bar{5}\bar{1}3)$ bei

n_α von A. Der durch die beiden Flächenpole gehende Zonengürtel $[367]$ wird durch diese beiden Pole und den Zonengürtel $[8\bar{1}4]$ in nahezu zwei gleich grosse, symmetrische „Strecken“ zerlegt, die Winkel von $43,5^\circ$, resp. $45,5^\circ$ haben. Die erwähnten beiden Zonengürtel stehen fast senkrecht aufeinander. Die zu $[8\bar{1}4]$ symmetrisch gelegenen Zonengürtel $[854]$ und $[2\bar{7}1]$ bilden mit jenem Winkel von 63° , resp. 67° .

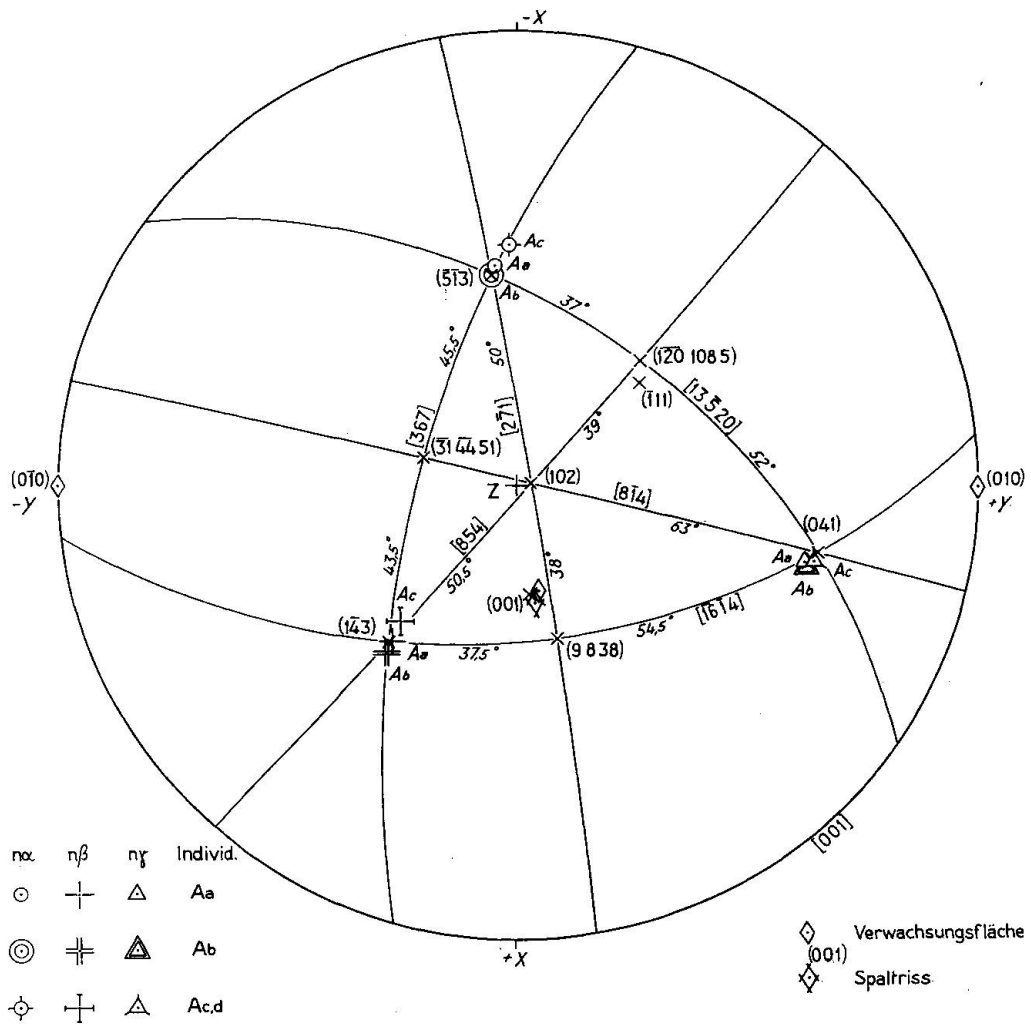


Fig. 5*).

Auch in diesem Fall zeigt die kristallographische Deutung der optischen Orientierung dieses Hochtemperatur-Andesins, dass die Schwingungsebenen der drei polarisierten Strahlengänge in Richtung der Hauptachsen in ziemlich guter Annäherung mit Zonengürteln übereinstimmen,

*) Das Symbol der Fläche bei $(\bar{1}11)$ muss heissen: $(\bar{1}20\ 108\ 105)$ anstatt $(\bar{1}20\ 108\ 5)$. Das Symbol der Fläche bei Z heisst $(\bar{1}02)$ anstatt (102) .

die ihrerseits symmetrische Lagen hinsichtlich der pseudomonoklinen c-Achse einnehmen.

Die arithmetisch-kristallographische Interpretation der Pseudosymmetrieverhältnisse in Beziehung zu $[\bar{1}02]$ ist hier etwas fraglich, so dass ich sie nicht mitteile. Wie aus Fig. 5 zu ersehen ist, müsste dabei mit potentiellen Flächenpolen und Zonen gerechnet werden, die sehr hohe Indices haben.

8 ABC. Bei dieser Zwillinggruppe, die Fig. 6 darstellt, ist die Verwachsungsfläche der Partner die Basis. Die hier verwirklichten Zwillings-

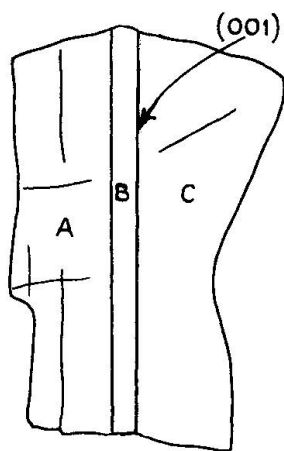


Fig. 6.

gesetze sind: AB: Aklin, AC: Manebach-Aklin, BC: Manebach. Die Gruppe ist etwas zonar, und es wurden die inneren Zonenbereiche derselben ausgewertet. Die Messungen finden sich in der Tabelle. Die Konstruktion der Zwillingsachsen in der stereographischen Projektion ergab Fehlerdreiecke mit den folgenden maximalen Seitenlängen:

ZA	Zw.-Ges.	Max. Seite
[010]	Aklin	$2\frac{1}{2}^{\circ}$
(001)	Manebach	3°

Die Zwillingsachse des Manebach-Aklin-Gesetzes war auf die übliche Weise nicht konstruierbar, da die $n\gamma$ der Partner zu nahe beieinander liegen. Der Pol der Fläche (001) liegt vom Schwerpunkt des konstruierten Fehlerdreieckes des Manebach-Zwillinges $2\frac{1}{2}^{\circ}$ entfernt. Zur Ermittlung der optischen Orientierung der Indikatrix wurde in der folgenden Weise vorgegangen:

1. Der Pol der Fläche (001) wurde ins Zentrum der stereographischen Projektion gedreht und die Optik und die kristallographischen Daten entsprechend transformiert.

2. Die zueinander senkrecht stehenden Symmetrieebenen des Aklin- und des Manebach-Aklin-Gesetzes wurden eingetragen. In bezug auf diese Ebenen liegen relativ gute Symmetrieverhältnisse der einander entsprechenden optischen Symmetrieachsen vor.

3. Im Abstand von 86° vom Pol (001) wurde in der Symmetrieebene des Manebach-Aklingesetzes der Pol für (010) eingetragen, und zwar sowohl für B, als auch symmetrisch zu (001) für das Paar AC.

4. Der Pol (010) wurde an die Peripherie transformiert und mithin die Optik und (001) entsprechend umprojiziert.

5. Das ganze System wurde um den Pol (010) soweit rotiert bis der Pol (001) mit demjenigen des Anorthits in der üblichen Aufstellung senkrecht c zur Deckung kam (Fig. 7).

Für die einzelnen Individuen können somit die Eulerwinkel der optischen Orientierung bestimmt werden (siehe die Tabelle am Schluss). Sie weichen höchstens 1° voneinander ab. Erwähnenswert ist, dass das Präparat 11' von ERNST und NIELAND (1934) der Plagioklase von Linosa ziemlich ähnliche Eulerwinkel ergab (BURRI 1956). Die gemittelten Eulerwinkel des isländischen Labradorites seien hier denjenigen des Präparates 11' von Linosa gegenübergestellt.

Labradorit	ϕ°	ψ°	θ°	$2\nu^\circ$
Akureyri	75	49	46	40
Linosa 11'	75,5	47,7	44,2	

Auf Grund der Tabellen von BURRI, PARKER und WENK handelt es sich um einen Hochtemperatur-Labradorit mit einem An-Gehalt von 50 bis 55%.

In kristallographisch-optischer Hinsicht kann der vorliegende Labradorit in gleicher Weise interpretiert werden wie der Labradorit von Linosa (GLAUSER 1963). Da das Ind. B sowohl mit A als auch mit C zu Zwillingen verwachsen ist, wird B in der üblichen Weise senkrecht c dargestellt und die Optik der Partner A und C wird in das Kristallgebäude von B hineinprojiziert. Der Projektion wird die Kristallographie des Anorthites zu Grunde gelegt. Die optischen Symmetrieachsen des Ausgangsind. B haben die folgenden Positionen inne:

$n \gamma 1\frac{1}{2}^\circ$ von (031), $n \beta 3^\circ$ von ($\bar{1}\bar{2}1$), $n \alpha 1\frac{1}{2}^\circ$ von ($\bar{3}\bar{1}2$) entfernt. Die Positionen des mit B nach dem Aklin-Gesetz verzwilligten Partners C entsprechen kristallographisch denjenigen, die der Albit-Partner des erwähnten Labradorites von Linosa aufzeigte. Sie sind: $n \gamma 5^\circ$ von ($0\bar{3}1$), $n \beta 3^\circ$ von (121) und $n \alpha 2^\circ$ von ($\bar{3}12$) entfernt. Hinsichtlich der Sym-

metrieverhältnisse und syngonalen Beziehungen dieser Positionen verweise ich auf den erwähnten Labradorit.

Es möge hier kurz versucht sein, eine syngonale Deutung der optischen Orientierung des mit B nach dem Manebachgesetz verzwilligten Partners zu geben. n_γ von C kann als in der Nähe von $(0\bar{3}1)$ von B austretend betrachtet werden, wobei der Abstand zu diesem Pol ca. 5° beträgt. Der Pol der Basis würde dann als Symmetrieachse in syngonaler Beziehung in Erscheinung treten, denn $(031) + (0\bar{3}\bar{1}) = (001)$. n_β von C liegt ziemlich weit vom Pol $(\bar{1}22)$ entfernt (Abstand 7°). Dieser Pol passt indessen in syngonaler Hinsicht zu $(\bar{1}\bar{2}1)$ bei n_β von B, denn $(\bar{1}22) + (\bar{1}\bar{2}1) = (001)$. n_α von C ist $7\frac{1}{2}^\circ$ von $(\bar{3}\bar{1}0)$ entfernt. Diese Fläche passt insofern $(\bar{3}\bar{1}2)$ bei n_α von B, als $(310) + (\bar{3}\bar{1}2) = (001)$ ist. Es liegt nahe, auch einer

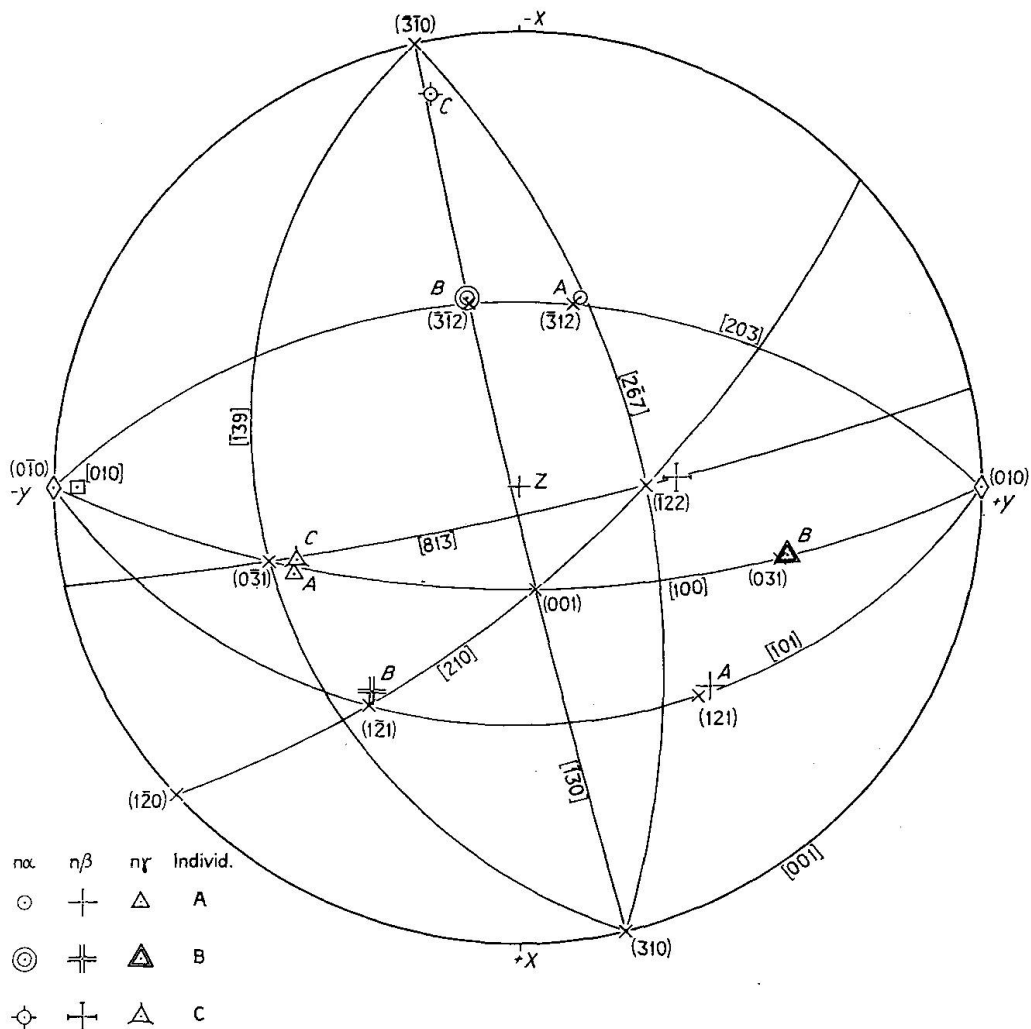


Fig. 7.

Tabelle. Die optischen Messungen der Zwillinggruppen am Universaldrehtisch

Nr.	Zwill.-Ges.	Ind.	n γ		n β		n α		A ₁ , A ₂ k°	(010)		(001)		Eulerwinkel			2 ν° (n γ)	An %		
			n°	h°	n°	h°	n°	h°		n°	h°	n°	h°	Φ°	Ψ°	Θ°				
2 AB	K	A _a	115	-36,5	226	-26	344	-43	349	95	-14									
		B _a	107	+14			6	+39		95	-14									
10 AB	K	A _b	298	+39	41,5	+14,5	1	+46,5	10	95	-14				70,5	43,5	41	72	55	
		B _b	108	+16						95	-14				70,5	45	41,5		55	
		A _a	209	-34			127	+13		47	+9				73	49,5	43		~55	
		B _a	79	+7	171,5	+17				47	+9				72,5	47	44		~55	
		A _b	208	-33,5			131	+20		47	+9									
		B _b	78	+6	170	+14				45	+9									
		A _c	209	-31,5	78	-47	136,5	+26		358	47	+9								
		B _c	74	+6	165	+5				305,41	226	-9								
17 ABCD	AB:A AC:RT	A ₂	133,5	-8	232	-47	37	-41	325	163	-21				75,5	50	44	77	50 < An < 55	
		B ₁	195	-30	117	+20			18	163	-21				78,5	52	46	80	50	
		C _a	132	-37,5	15	-31	258	-37		6,5	-21				78,5	50,5	44,5	77	50	
		CD:A																		
23 ABC	AB:RT Ac:A BC:K	D ₁	189	-2	96	-47	100,5	+43	46	163	-21									
		A _a	339	+17	59,5	-26,5			33	359	-7,5				75	47,5	43,5	75	50 < An < 55	
		B	11	+24	305	-42	261	+38		341	-7,5				72	45,5	43,5	75	~55	
		C _b	24	-31	305	+19			17	359	-7,5				74	49	44	80	50 < An < 55	
		A _c	341	+16,5			270,5	-51,5												
		C _a	24	-31	302	+14,5				17	-7,5									
		C _c	20	-29	308	+30				14	186	+12								
		A _c	213	+9,5	122	+3				324	186	+12				88,5	63	56	90	~40
14 AB	RT	B _a	198	-11			102	-24		186	+12				89	64	57,5		~40	
		B _d	198	-13			103,5	-20		186	+12				86	61	54		40 < An < 45	
		B _{b1}	199	-7			105	-24		186	+12				86,5	65	57		~40	
		B _c	198	-8,5			105	-24		186	+12				86	65,5	58		~40	
		A _a	215	+9	125	-1				320,5	186	+12				84,5	59	52	82	40 < An < 45
		A _b	215	+9	126	-3				318	186	+12				83,5	58	50	77	~45
		A _d	213	+10	122	+3,5				322	186	+12				88,5	63	56	90	~40
		A _a	100	+14	191	+4				36	186	+12				75,5	48,5	45	80	50 < An < 55
8 ABC	AB:AK AC:MAK BC:M	B _a	177	+28	253,5	-24			19	186	+12				74,5	49	46	81	50 < An < 55	
		C _a	102	+11	24	-48	182,5	-40		325					75,5	49	46	81	50 < An < 55	

1) Möglicherweise die Fläche (201).

Zwillingsgesetze: A: Albit, K: Karlsbad, RT: Toc Tourné, AK: Aklin, M: Manebach

a, b, c, usw.: Basizitätszonen.

(v): Verwachsungsfläche (s): Spaltriss.

kristallographisch-optischen Deutung nachzuspüren, bei der ($\bar{1}02$), die pseudomonokline c-Achse mit berücksichtigt wird. Bis jetzt zeigte sich, dass dabei mit sehr hohen Flächenindices gerechnet werden müsste, so dass sie hier nicht wiedergegeben werden soll.

Die optischen Messungen sind im Mineralogisch-Petrographischen Institut in Basel ausgeführt worden. Herrn Prof. Wenk möchte ich auch hier sehr für seine aktive Unterstützung danken, die er der Arbeit angedeihen liess, dann auch für die kritische Durchsicht des Manuskriptes. Zu grossem Dank bin ich Herrn Prof. Parker in Zürich verpflichtet für seine wertvollen Hinweise betreffend gewisse Eigenheiten in der Kristallographie der Plagioklase, sowie für seine wohlwollende Kritik. Dank schulde ich ferner dem Schweiz. Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, der diese Untersuchungen unterstützte.

Literaturverzeichnis

SMPM = Schweiz. Mineralogische und Petrographische Mitteilungen

- BURRI, C. (1956): Charakterisierung der Plagioklasoptik durch drei Winkel und Neuentwurf des Stereogramms der optischen Orientierung für konstante Anorthitintervalle. SMPM 36, 539—592.
- BURRI, C., PARKER, R. L., WENK, E. (1966): Die optische Orientierung der Plagioklase. Unterlagen und Diagramme zur Plagioklasbestimmung nach der Drehmethode. Birkhäuser-Verlag Basel (im Druck).
- ERNST, E. und NIELAND, H. (1934): Plagioklase von Linosa, ein Beitrag zur Anemositfrage. Tscherm. Mitt. 46, 93—126.
- GLAUSER, A. (1963): Über die optische Orientierung einiger Plagioklas-Zwillinge aus Linosa. SMPM 43, 81—90.
- (1964): Zur optischen Orientierung einer komplexen Hochtemperatur-Andesin-Zwillingsgruppe aus Island. SMPM 44, 429—438.
- NIGGLI, P. (1926): Lehrbuch der Mineralogie. II. Teil: Spezielle Mineralogie, 2. Aufl.
- PARKER, R. L. (1961): Betrachtungen über die Wahl von Winkeln zur Charakterisierung der Plagioklasoptik. SMPM 41, 433—442.
- REINHARD, M. (1931): Universaldrehtischmethoden. Verlag Wepf, Basel.

Manuskript eingegangen am 31. Mai 1965.