

SEPARAT-ABDRUCK

AUS

TSCHERMAK'S

MINERALOGISCHEN UND PETROGRAPHISCHEN MITTHEILUNGEN

HERAUSGEGEBEN

VON

F. B E C K E.

F. BECKE, BESTIMMUNG KALKREICHER PLAGIOKLASE
DURCH DIE INTERFERENZBILDER VON ZWILLINGEN.

WIEN,

ALFRED HÖLDER,

K. U. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER,

ROTHENTHURMSTRASSE 15.

XXIX. Bestimmung kalkreicher Plagioklase durch die Interferenzbilder von Zwillingen.

Von F. Becke.

(Mit 11 Figuren im T-xt.)

Als vor mehreren Monaten die interessante Studie v. Fedorow's über die optische Orientirung der Plagioklase erschien¹⁾, drängte sich mir die Ueberzeugung auf, dass insbesondere die Aenderung der Lage der einen optischen Axe (A_2 bei v. Fedorow, B bei Michel-Lévy²⁾) geeignet sei zur Bestimmung eines Plagioklases aus der basischen Hälfte der Albit-Anorthitreihe. Der Winkel, welchen die optischen Axen B in zwei nach dem Albitgesetz verbundenen Individuen mit einander einschliessen, wächst von 0 oder nahe 0 beim Anorthit, bis nahe 80° beim Labradorit. Gelänge es, diesen Winkel an geeigneten Plagioklasdurchschnitten der Gesteinsdünnschliffe mit nur annähernder Genauigkeit zu messen, so hätte man damit ein treffliches Hilfsmittel bei der Gesteinsuntersuchung gewonnen.

Zwei Schwierigkeiten stellen sich der Lösung dieser Aufgabe entgegen. Die eine liegt darin, dass die Plagioklase, zumeist aus feinen Zwillinglamellen aufgebaut, mit den gewöhnlichen konoskopischen Hilfsmitteln gestörte Interferenzbilder geben. Die zweite besteht in der Art dieser Interferenzbilder selbst, welche bei Dünnschliffen normaler Dicke nur aus einem dunklen Balken ohne Ringe bestehen, deren messende Behandlung erst erlernt werden musste.

Die erste Schwierigkeit ist durch die im vorigen Heft³⁾ beschriebene Combination des Czapski'schen Irisblende-Oculares und einer mit Mikrometer verbundenen Klein'schen Lupe überwunden. In der erwähnten Notiz wurde gezeigt, wie es mit diesem Hilfsapparat möglich ist, die Interferenzbilder winzig kleiner Durchschnitte

¹⁾ Universal-(Theodolith-)Methode in der Mineralogie und Petrographie. II. Krystalloptische Untersuchungen. Zeitschr. f. Krystallographie. XXII, pag. 227.

²⁾ A. Michel-Lévy, Étude sur la Détermination des Feldspaths. Paris 1894.

³⁾ F. Becke, Klein'sche Lupe mit Mikrometer. Diese Mittheilungen. XIV, pag. 375.

oder sehr schmaler Zwillingslamellen ungestört durch die Umgebung zu beobachten, und auch das Princip angedeutet, wonach man im Stande ist, eine im Gesichtsfelde sichtbare optische Axe gegen den Mittelpunkt des Gesichtsfeldes und gegen eine bestimmte, am Durchschnitt sichtbare und als Ausgangsrichtung gewählte Linie (Zwillings-trace) nach Azimut und Centraldistanz zu orientiren.

Die dort angegebene Methode setzt aber voraus, dass man den Mittelstrich des Mikrometers in das Azimut der optischen Axe einstellen könne, d. h. so, dass er durch den Mittelpunkt des Gesichtsfeldes und durch den Axenpunkt geht. Dies ist aber mit einiger Genauigkeit nur möglich, wenn wenigstens der erste farbige Ring des Axenbildes ganz im Gesichtsfelde liegt.

Nur dickere Platten oder solche von sehr stark doppelbrechenden Krystallen können in dieser Weise behandelt werden. In gewöhnlichen Dünnschliffen kommt man so nicht zum Ziele, zumal bei den Feldspathen nicht, da diese in guten Dünnschliffen überhaupt keine Ringe mehr geben, sondern bloß ein ziemlich breites dunkles Axenbüschel sehen lassen. Hier lag die zweite der Eingangs erwähnten Schwierigkeiten, welche aber durch folgende Ueberlegung überwunden wurde.

Indirecte Bestimmung von Azimut und Centraldistanz.

Denken wir uns das Gesichtsfeld mit dem Präparat derart fest verbunden, dass jeder Drehung des Präparates eine gleichsinnige und gleich starke des Gesichtsfeldes entspricht, während die Nicols ihre Stellung beibehalten, so kann man sagen: Unter allen Punkten des Gesichtsfeldes ist der der optischen Axe entsprechende der einzige, der während der Umdrehung des Präparates in der Horizontalebene dunkel bleibt, während alle anderen Punkte des Gesichtsfeldes zwischen Hell und Dunkel wechseln. Hiedurch entsteht die eigenthümliche Drehung des Axenbalkens, welche bei dem Bilde einer Axe eines zweiaxigen Krystalles der des Objecttisches entgegen läuft. Sie findet statt um jenen Punkt des Büschels, welcher ohne Eigenbewegung genau der Drehung des Objecttisches folgt. Diese Beziehung wird noch klarer, wenn man sich die Platte fix und die Nicols gemeinsam in gekreuzter Stellung gedreht denkt.

Wenn es also gelingt, in das Gesichtsfeld das dunkle Büschel in zwei Stellungen richtig orientirt gegen den Durchschnitt einzu-

zeichnen, so liefert der Durchschnittspunkt dieser zwei Büschel die Lage der optischen Axe.

Um das Axenbüschel richtig orientirt in das Gesichtsfeld einzuzichnen, genügt es mit Rücksicht auf das überhaupt bei diesen Messungen anzustrebende Mass von Genauigkeit, das Azimut jener beiden Punkte zu messen, wo das Axenbüschel den Rand des Gesichtsfeldes schneidet; die Centraldistanz dieser Punkte ist der Halbmesser des Gesichtsfeldkreises; ferner die Entfernung des nächsten Punktes der dunklen Curve vom Mittelpunkt des Gesichtsfeldes an der Scala abzulesen. Diese drei Angaben genügen zur annähernd richtigen Einzeichnung des Axenbüschels.

Zweckmässig wählt man dann die zweite Stellung des Büschels so, dass sie die erste rechtwinklig kreuzt. Dies wird durch Drehung des Objecttisches um 45° bewirkt.

Zur Controle wende ich noch folgendes Verfahren an. Durch Drehen des Objecttisches sucht man die 90° -Stellung des Interferenzbildes auf; der Axenbalken erscheint nun gerade gestreckt. Diese Stellung kann mit ziemlicher Genauigkeit gefunden werden. Man stellt den Mittelstrich der Klein'schen Lupe jenem Axenbalken parallel und bestimmt wie früher das Azimut, und liest an der Scala gleichzeitig die Centraldistanz ab; so erhält man eine 3. Lage für den Axenbalken.

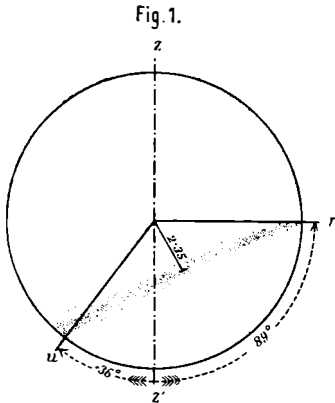
Alle drei Büschel sollten sich in einem Punkte schneiden. Gewöhnlich umschliessen die 3 Linien ein kleines Dreieck. Der Durchschnittspunkt der Winkelhalbirenden ist dann der gesuchte Axenpunkt. Die Grösse des Dreieckes gibt gleichzeitig ein Mass für die der Messung anhaftende Ungenauigkeit. Bei meinen zahlreichen Messungen erreichte diese Ungenauigkeit (grösster Abstand zwischen einer Ecke und der gegenüberliegenden Seite des Dreieckes), von extremen Fällen abgesehen, wo zwei der dunklen Büschel sehr kleine Winkel einschlossen und das Fehlerdreieck sehr lang und schmal ausfiel, etwa 5° scheinbar. Meist war sie sehr erheblich kleiner.

Der so gefundene Axenpunkt liefert nun das Azimut der Axe gegen die Ausgangsrichtung und deren Centraldistanz oder ihren Winkelabstand von der Plattennormalen.

Bei der Ausführung der Messung ist eine gewisse Aufmerksamkeit auf den Sinn der gemessenen Winkel und Distanzen erforderlich und ich habe es zweckmässig gefunden, die Messung

unausgesetzt durch Handskizzen zu controliren. Es ist dies um so nothwendiger, als alle Messungen wegen der unvermeidlichen EX-centricitätsfehler zweimal, in um 180° verschiedenen Stellungen, wiederholt werden müssen.

Zur Erläuterung des Vorganges mag eine derartige Messung ausführlicher mitgetheilt werden.



In einem Plagioklasdurchschnitt aus dem Forellenstein von Volpersdorf, Schlesien, zeigte sich in dem einen Lamellensystem das Interferenzbild Fig. 1, als die Zwillingsgrenze mit dem Verticalfaden des Mikroskopoculares zusammenfiel. Diese Stellung

des Axenbüschels sollte als erste fixirt werden.

Zunächst wird die Stellung des Theilkreises abgelesen; sie ergibt

$$z = 128^\circ$$

Nun wird der Mittelstrich der Klein'schen Lupe so eingestellt, dass er den Punkt u trifft, wo der Axenbalken unten das Gesichtsfeld verlässt. Die Einschaltung der Bertrand'schen Linse lässt das Bild der Zwillingsgrenze $z z'$ (strichpunktirte Linie) im Gesichtsfeld erscheinen. Man beobachtet, dass Drehung im Uhrzeigersinn erforderlich ist, um z' mit u zur Deckung zu bringen. Nach der Drehung ergibt die Ablesung

$$u = 154.5^\circ$$

Rückdrehung auf $z = 128^\circ$. Die Einstellung des Mittelstriches auf das rechte Ende des Axenbalkens r liefert nach Einschaltung der Bertrand'schen Linse bei — Drehung

$$r = 42^\circ$$

Rückdrehung auf 128° . Nach Querstellung der Scala von links oben nach rechts unten, senkrecht auf die Erstreckung des Balkens, beobachtet man, dass der nächste Theil desselben 3 Theilstriche vom Mittelfaden rechts unten die Scala schneidet.

$$d = 3$$

Dieselben Beobachtungen werden nun bei einem Azimut $128^\circ + 180^\circ = 308^\circ$ wiederholt und mit den vorigen zu einem Mittel ver-

einigt, bezogen auf das Azimut 128° . Schliesslich werden die Differenzen $u - z$, $r - z$ gebildet, womit die zur Construction erforderlichen Daten gegeben sind.

Tabellarisch lassen sich die genannten Ablesungen so darstellen:

	z	u	r	d
I. Stellung . . .	128°	$154\cdot5^\circ(+)$	$42^\circ(-)$	3
II. Stellung . . .	308°	$353\cdot5$	216	1·7
Mittel	128°	164°	39°	2·35

Differenzen $u - z = +36^\circ$; $r - z = -89^\circ$.

Die Construction macht von der Annäherung Gebrauch, dass man jede Curve durch einen Kreisbogen ersetzen kann.

Man construirt also einen Kreis mit dem Halbmesser $6\cdot5$, der Anzahl der Mikrometer-Theilstriche entsprechend, welche auf den Radius des Gesichtsfeldes entfallen, zieht die Linie zz' , sucht die Punkte r und u , beschreibt mit dem Halbmesser d einen concentrischen Kreis und hat nun die Aufgabe, einen Kreisbogen zu zeichnen, der durch die Punkte r und u geht und den kleineren Kreis berührt. Man kann diese Curve mit genügender Genauigkeit mit freier Hand ziehen. Das Resultat dieser Construction zeigt Fig. 1.

Nach Drehung des Objecttisches um 43° entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn zeigt sich die in Fig. 2 dargestellte Lage des Axenbündels. Nach Einschaltung der Bertrand'schen Linse sieht man nunmehr die Zwillingstrace zz' in einer neuen Lage. Die Ablesungen ergeben:

	z	r	o	d
I. Stellung . . .	85°	$41^\circ(-)$	$99\cdot5^\circ(+)$	3·3
II. Stellung . . .	265	212	281·5	2·6
Mittel	85°	$36\cdot5^\circ$	$100\cdot5^\circ$	2·95
Differenzen . . .	$r - z = -48\cdot5^\circ$		$o - z = +15\cdot5^\circ$	

Schliesslich wurde zur Controle die Stellung des Präparates aufgesucht, in welcher der Axenbalken in der 90° -Stellung gerade gestreckt erscheint. Zufällig geht er in dieser Stellung genau durch die Mitte des Gesichtsfeldes (siehe Fig. 3). Die Ablesung am Objecttisch in zwei um 180° verwendeten Stellungen liefert wieder z und die Einstellung der Zwillingsgrenze auf den dem Axenbalken parallel gestellten Mittelstrich die Ablesungen a bei —Drehung.

	z	a	d
I. Stellung . . .	110°	$36^\circ (-)$	0
II. Stellung . . .	290°	217°	0
Mittel	110°	$36\cdot5^\circ$	0
Differenz	$a-z = -73\cdot5^\circ$		

Trägt man alle 3 Lagen des schwarzen Balkens in denselben Kreis ein, wobei man die Ausgangsrichtung $z z'$ von oben nach unten

Fig. 2.

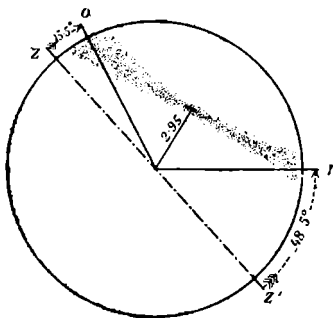
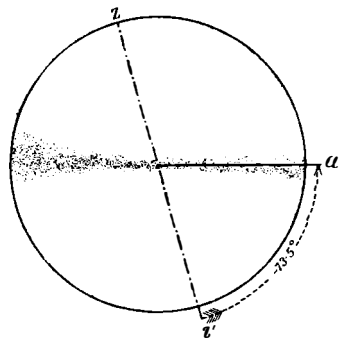
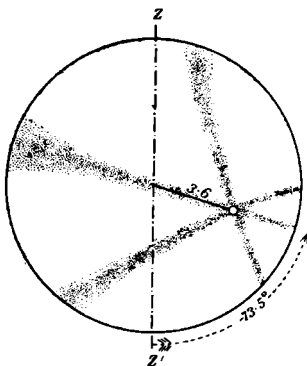


Fig. 3.



verlaufend einzeichnet, so erhält man Fig. 4 und sieht, dass sich alle drei Balken fast genau in einem Punkte schneiden, der vom Mittelpunkt des Gesichtsfeldes nach rechts unten gerückt erscheint, $-73\cdot5^\circ$ im Azimut von $z z'$ abweicht und im Abstand von $3\cdot6$ Theilstrichen, gleich einem scheinbaren Winkelabstand von 27° vom Mittelpunkt des Gesichtsfeldes liegt.

Fig. 4.



Um die folgenden Darstellungen zu erleichtern, wollen wir für Azimut und Centraldistanz bestimmte Zeichen einführen, und zwar mag das Azimut der Axe mit ξ bezeichnet werden.

ξ wird von $0-90^\circ$ gezählt von der von vorn nach hinten gerichteten Medianebene (Zwillingstrace) gerechnet und mit $+ (-)$ bezeichnet,

wenn die Drehung im (entgegengesetzt dem) Uhrzeigersinn erfolgt. Die Centraldistanz, ausgedrückt in Theilen des angewandten Mikrometers heisst d , die scheinbare Winkeldistanz s , die vom mittleren Brechungsindex des Mineralen abhängige wahre Winkeldistanz w ; s und d stehen bei meinem Instrument in folgender Beziehung:

$$\sin s = 0.1255 d.$$

Für die hier in Betracht kommenden Feldspathe kann man $\beta = 1.58$ nehmen¹⁾, so dass

$$\sin w = \frac{\sin s}{1.58}.$$

Ausser den zwei Grössen ξ und w ist zur unzweideutigen Orientirung der Axe noch erforderlich die Angabe des Quadranten: links vorne (lv), rechts vorne (rv), links hinten (lh), rechts hinten (rh).

Ermittlung des Winkels zwischen zwei optischen Axen.

Die Lösung dieser Aufgabe ist sehr leicht, wenn man die beiden optischen Axen nach einander in der eben erörterten Weise nach Azimut und Centraldistanz im Gesichtsfeld orientirt hat. Es wird dies zunächst eine zweimalige Centrirung des Präparates erfordern und somit von der Voraussetzung ausgehen müssen, dass die Verschiebungen des Präparates auf der Tischebene unter Erhaltung des Parallelismus vor sich gehen. In jenem Ausmass, wie dies der Genauigkeit der ganzen Messung entspricht, darf man diese Voraussetzung wohl machen.

Sind nun die beiden scheinbaren Axenörter nach Azimut und Centraldistanz bestimmt, so ist zunächst nach der Formel

$$\sin w = \frac{1}{\beta} \sin s$$

der scheinbare Winkelabstand auf den wahren zu reduciren. Dies erfolgt am einfachsten durch Interpolation nach der Seite 377 des vorigen Heftes erwähnten Reductionstabelle. Sodann ergibt die Auflösung des sphärischen Dreieckes: Axe Mittelpunkt Axe die exacte Lösung der Aufgabe.

¹⁾ Entsprechend diesen Werten wurde eine Tabelle ausgearbeitet, welche die zu jedem Werte von d gehörigen w unmittelbar angibt.

Man kann sich aber in sehr vielen Fällen die Rechnung ersparen, indem man für kleinere Winkel unmittelbar an der Construction die lineare Entfernung der beiden Axenpunkte messen und nach der Reductionstabelle das Winkelmaß ableiten kann. Es setzt dies voraus, dass man innerhalb der Versuchsfehler den Sinus seinem Bogen gleichsetzen könne. Bis zu Winkeln von 20° ist das bei dem angenäherten Charakter aller dieser Messungen vollkommen erlaubt. Wenn die Winkel sich 30° nähern oder überschreiten, wird man wohl die Ausrechnung vorziehen.

Anwendung des Verfahrens auf Plagioklase.

Für die Bestimmung der Plagioklase sind von ausserordentlicher Wichtigkeit die häufigen Zwillingbildungen. M. Lévy hat in der schon genannten Studie gezeigt, wie man bei gleichzeitig vorhandener Zwillingbildung nach dem Albit- und Karlsbader Gesetz die Auslöschungsrichtungen der vier Lamellensysteme zur Bestimmung der Plagioklase in Dünnschliffen benutzen könne.

Auch für die hier verfolgte Aufgabe ist die Zwillingbildung der Plagioklase von grösster Bedeutung. Dank einer liebenswürdigen Laune der Natur, die die eine optische Axe der basischen Plagioklase in die Nähe der Zwillingsebene des einen und der Zwillingssaxe des anderen Gesetzes gelegt hat, kommt in den Zwillingkrystallen eine höchst charakteristische Anordnung der optischen Axen in den vier Lamellensystemen zu Stande, derart, dass man in einem und demselben Schnitt, wenn er nur beiläufig senkrecht zur Verticalaxe getroffen hat, die optischen Axen in allen zwillingsgemäss verbundenen Individuen zu sehen bekommt und ihre gegenseitigen Winkelabstände messen kann.

Um die hier in Betracht kommenden Verhältnisse zu übersehen, wollen wir die Orientirung der optischen Axe in den vier Individuen eines Doppelzwillings nach dem Albit- und Karlsbader Gesetz ermitteln und dabei von der Orientirung des Feldspathes Ab_3 An_4 ausgehen, wie sie M.-Lévy auf Taf. VIII seines Buches dargestellt hat.

In der Projection Fig. 5 ist die Lage der optischen Axe in dem in Grundstellung befindlichen Individuum durch 1 dargestellt. Sie ist charakterisirt durch die zwei Winkel φ und λ , welche sich zu einander verhalten wie geographische Breite und Länge. Es

bedeutet φ den Winkelabstand der Axe von der Zwillingsebene 010, λ den Meridianwinkel, welchen der Grosskreis durch die Normale von 010 und die optische Axe mit dem grössten Kreise durch die Normale von 010 und die Verticalaxe c einschliesst.

Wir wollen ein- für allemal festsetzen, dass φ nach rechts, λ nach oben + gezählt werden. Dann ist die Orientirung der Axe nach dem Diagramm von M.-Lévy gegeben durch

$$\varphi = + 25^{\circ} \quad \lambda = + 10^{\circ}$$

Es ist ohneweiters klar, dass die entsprechende Axe des nach dem Albitgesetz orientirten Individuums symmetrisch zur Ebene 010 in $1'$ liegt, während das nach dem Karlsbader Gesetz mit 1 (bezüglich $1'$) verbundene Individuum seine optische Axe in 2 (bezüglich $2'$) hat.

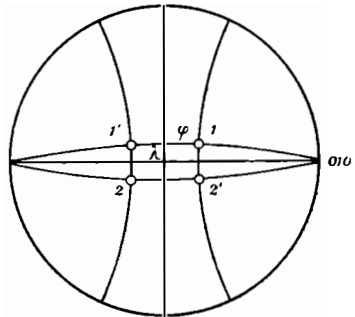
Die optischen Axen der vier Individuen umschliessen somit ein Rechteck, dessen längere, senkrecht zur Ebene M (010) orientirte Seiten gleich 2φ sind, während die kürzeren, parallel zur Ebene 010 angeordneten Seiten (2λ) nicht direct gleich 2λ sind, aber mit λ in einer einfachen Beziehung stehen: $\sin \lambda = \cos \varphi \sin \lambda$.

So lange man in der Projection den Sinus dem Bogen gleichsetzen darf, kann man auch die halbe kürzere Rechteckseite gleich λ setzen. In dem gewählten Beispiel beträgt der Unterschied zwischen λ und λ erst ungefähr einen Grad. In den meisten Fällen wird man sich daher mit der angedeuteten Annäherung begnügen können. Wir machen in der Folge von dieser Annäherung Gebrauch und ignoriren den Unterschied der beiden Grössen λ und λ .

Wir sind also im Stande, aus der Beobachtung der Axenbilder in Schnitten beiläufig senkrecht zur Verticalaxe angenäherte Werte für die charakteristischen Winkel φ und λ abzuleiten.

Ist die Abhängigkeit der Winkel φ und λ von der chemischen Mischung ermittelt, so ist damit auch die Eingangs erwähnte Aufgabe gelöst. Ein grosser Vorthail ist dabei, dass man von der speciellen Schnittrichtung ganz unabhängig ist, wenn man nur in

Fig 5.



mehreren Lamellensystemen der verzwilligten Plagioklase die Axen wahrnehmen und messen kann.

Schon der einfache Albitzwilling liefert den einen Winkel φ , so dass also schon diese eine Beobachtung zur Bestimmung hinreicht. Sind die Axen in mehr als zwei Systemen sichtbar, so fordert die Theorie, dass sie sich bei Vierzahl zu einem Rechteck, bei Dreizahl zu einem rechtwinkligen Dreieck ordnen, dessen Seiten (bezüglich dessen Katheten) parallel und senkrecht zur Zwillingsstrich liegen müssen. Die parallele Kathete entspricht 2λ , die senkrechte 2φ . Die grössere oder kleinere Annäherung an diese Forderung der Theorie gibt ein gutes Kennzeichen ab für die Güte der Beobachtung. Umgekehrt wird man Beobachtungsfehler entsprechend der Theorie ausgleichen und corrigieren können.

Sind nur zwei nach dem Karlsbader Gesetz verbundene Individuen vorhanden, so könnte man gleichwohl über die Verbindungslinie der Axen als Hypotenuse ein rechtwinkeliges Dreieck construieren, dessen Seiten parallel und senkrecht zur Trace von 010 verlaufen, und so die zwei Werte φ und λ ermitteln.

Die nächste Anforderung ist nun die, φ und λ in ihrer Abhängigkeit von der chemischen Mischung darzustellen, was durch Ermittlung dieser Werte für chemisch bekannte Plagioklase geschehen kann.

Orientirung der Axe B im Anorthit.

Ueber die Orientirung der Axe B im Anorthit gehen die Angaben von M.-Lévy und v. Fedorow noch merklich auseinander. Ich suchte mir daher diesen Fixpunkt durch eigene Beobachtung zu verschaffen, wobei ich mich auf die für den vorliegenden Zweck einzig in Betracht kommende Axe B beschränkte. Es lag nicht in meiner Absicht, die optische Orientirung des Anorthit in allen Stücken zu ermitteln. Ich ging dabei aus von der Fläche P (001), durch welche diese Axe sichtbar ist. Als Material dienten mir Spaltplättchen und ein Krystallfragment mit gut ausgebildeter P -Fläche, die einer Stufe von der Somma entnommen wurden, welche wasserklare Anorthitkrystalle mit dunkelgrünem Biotit und Augit enthielt.

Um die Lage der Axe zu P und der Kante MP zu ermitteln, wandte ich ein Verfahren an, welches dem vorhin auseinandergesetzten im Princip ähnlich ist. Es wurde die Lage des Balkens in zwei

Stellungen ermittelt, woraus sich dann indirect für den Kreuzungspunkt Azimut und Centraldistanz ermitteln liessen. Die Anwendung der Klein'schen Lupe war hier schon dadurch ausgeschlossen, dass in den dickeren Spaltstücken der Axenpol von Ringen umgeben war, die Axenbüschel aber sich stark verbreiterten, so dass die Schnittstellen mit dem Rande des Gesichtsfeldes nicht einstellbar gewesen wären.

Es fiel aber auch die Nothwendigkeit des Czapski'schen Oculares weg, und die Messungen konnten mit grösserer Genauigkeit mit der Bertrand'schen Linse und dem Schraubenmikrometer-Ocular ausgeführt werden. Dabei war Bedacht zu nehmen, dass sich dieses Instrument nur in zwei bestimmten Stellungen mit dem Mikroskop von Fuess verbinden lässt.¹⁾

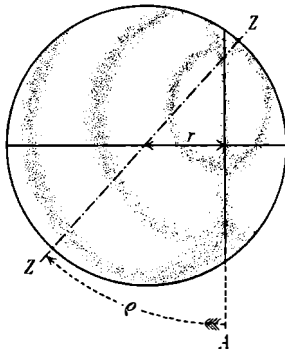
Zunächst wurde das Schraubenmikrometer so eingestellt, dass der bewegliche Faden von vorne nach hinten lief. Sodann wurde der Objecttisch bei ausgeschalteter Bertrand'scher Linse so lange gedreht, bis die Kante MP mit dem beweglichen Faden des Mikrometers parallel ging. Diese Stellung des Objecttisches (Z_1) wird abgelesen. Nun wird die Bertrand'sche Linse eingeschaltet und durch Drehen des Objecttisches der den innersten Ring durchsetzende Theil des Axenbalkens mit dem beweglichen Faden des Mikrometers parallel eingestellt. Die hiezu erforderliche Stellung des Objecttisches sei A_1 . Endlich wird durch Drehung der Mikrometerschraube der bewegliche Faden mit dem Axenbalken zur Deckung gebracht und die Stellung der Mikrometerschraube D_1 abgelesen. Die ganze Operation wird mehrmals wiederholt und aus den einzelnen Beobachtungen das Mittel genommen.

Nach Drehung des Objecttisches um 180° erscheint nun der Axenbalken abermals parallel dem Faden auf der anderen Seite des Gesichtsfeldes und man erhält die Ablesungen A_2 und D_2 . Schliesslich wird nochmals die Bertrand'sche Linse entfernt und die Einstellung der Trace von M wiederholt (Z_2). Die Ablesungen Z_1 und Z_2 , A_1 und A_2 werden zu Mittelwerten Z und A vereinigt, deren Differenz wiederum den Azimutwinkel zwischen der Stellung des Axenbalkens und der Trace von M ergibt (ϱ). Die halbe Differenz

¹⁾ Erst nach Beendigung der Arbeit fiel mir ein, dass man durch Verstellung der Nicol'schen Prismen beliebig viele Stellungen des Axenbalkens hätte erzeugen können.

der Ablesungen D_1 und D_2 gibt die Distanz des geradlinig verlängert gedachten Axenbalkens von der Mitte des Gesichtsfeldes ausgedrückt in Scalentheilen des Schraubenmikrometers. Nach Reduction mit der Mallard'schen Constante erhält man den Sinus des scheinbaren Winkelabstandes r , der zur weiteren Construction benützt wird. Die beifolgende

Fig. 6.



Zeichnung (Fig. 6) gibt vielleicht besser als Worte die Bedeutung der Grössen ϱ und r an.

Nach Einstellung des Mikrometers in einer um 45° verwendeten Stellung erhält man auf dieselbe Weise ein neues Paar Werte von ϱ und r . Man kann nun unter Berücksichtigung der sämtlichen Vorzeichen die beiden Lagen des Axenbalkens in das Gesichtsfeld eintragen. Ihr Durchschnittspunkt liefert wieder die Lage der optischen Axe in Bezug auf die Mitte des Gesichtsfeldes, welche in diesem Falle mit der Normalen von P zusammenfällt, und auf die zum Ausgangspunkt der Azimute gewählte Trace von M . Dieses Azimut liefert die Zeichnung unmittelbar. Die lineare Entfernung des Axenpunktes von der Mitte des Gesichtsfeldes entspricht dem Sinus des scheinbaren Winkels, und muss erst nach dem Sinussatz auf den wahren Winkel reducirt werden. Als Brechungscoefficient benütze ich den von Michel-Lévy nach Fouqué angegebenen Wert $\beta = 1.5836$.

Anorthit I.

Vollkommen durchsichtiges Spaltstück nach P mit scharfen Spaltungskanten nach M . Dasselbe konnte auf beiden P -Flächen untersucht werden.

	Auf 001	Auf 00 $\bar{1}$	Mittel bezogen auf 001
Mikrometer {	$\varrho = - 61.75^\circ$	$\varrho = + 59.4^\circ$	$\varrho = - 60.6^\circ$
parallel {	$r = 0.3864$	$r = 0.3844$	$r = 0.3854$
Mikrometer {	$\varrho = + 22.45^\circ$	$\varrho = - 22.85^\circ$	$\varrho = + 22.65^\circ$
45° {	$r = 0.3598$	$r = 0.3684$	$r = 0.3646$

Aus diesen Zahlen ergeben sich nun folgende Werte für das Azimut der Axe B gegen die Kante PM auf P (ξ) und die wahre Winkeldistanz (w). Unter a steht die Auslöschungsschiefe

	ξ	w	a
001	— 17·6°	21° 15'	— 40·6°
00 $\bar{1}$	+ 18·2°	20° 35'	+ 40·3°
Mittel ¹⁾ bezogen auf 001	— 17·9°	20° 55'	— 40·5°

Anorthit II.

Klarer durchsichtiger Krystall mit einer vollkommenen natürlichen P -Fläche. Mit dem F u e s s'schen Parallelschleifer wurde zur natürlichen P -Fläche eine parallele angeschliffen. Hier zeigte die Interferenzfigur genügend enge Ringe, so dass auch direct das Azimut der Axe gegen die Kante PM ermittelt werden konnte, indem erst unter Einschaltung der Bertrand'schen Linse das Centrum des Ringsystems auf den fixen Faden des Mikrometers eingestellt und das Azimut abgelesen, sodann nach Ausschaltung des Hilfsobjectives die Kante MP mit demselben Faden zur Deckung gebracht wurde.

Die Beobachtungen sind in folgender Tabelle zusammengestellt; die Buchstaben haben dieselbe Bedeutung wie früher.

	001	00 $\bar{1}$	Mittel bezogen auf 001
Mikrometer } ϱ — 65·8°		+ 59·1°	— 62·5°
parallel } r 0·4232		0·3887	0·4057
Mikrometer } ϱ + 24·7°		— 19·4°	+ 22·0°
45° } r 0·3629		0·3432	0·355 $\bar{5}$

Aus diesen Zahlen ergeben sich folgende Positionen für die Axe :

	ξ	w
001	— 16·0°	20° 30'
00 $\bar{1}$	+ 17·2°	21° 20'
Mittel ¹⁾ bezogen auf 001	— 17·0°	20° 55'

Die directe Bestimmung ergab (unter a sind die Auslöschungsschiefen angeführt):

¹⁾ Die hier angegebenen Werte sind nicht das Mittel der darüber stehenden, sondern diejenigen, die sich aus der Construction mit den auf 001 bezogenen Mittelwerten ϱ und r der vorhergehenden Tabelle ergeben.

	ξ	d	w	a
001	— 17·7°	0·5808	—	— 40·2°
00 $\bar{1}$	+ 17·0°	0·5803	—	+ 39·4°
Mittel bezogen auf 001	— 17·35°	0·5806	21° 30'	— 39·8°

Die indirecten Bestimmungen verdienen hier weniger Vertrauen, weil sie aus Einzelmessungen abgeleitet sind, die ziemlich stark variiren. Es rührt dies von der Enge des innersten Ringes her, so dass der Parallelismus des Mikrometerfadens mit dem innersten Theil des Axenbalkens nur schwer beurtheilt werden konnte. Obgleich somit diese Bestimmungen in ihrer nahen Uebereinstimmung mit den directen Messungen von Azimut und Centraldistanz eine erfreuliche Bestätigung für deren Richtigkeit abgeben, wurden sie in das Hauptmittel nicht einbezogen.

Für dieses ergeben sich aber in Zusammenfassung der Resultate an den Platten I und II die Werte:

$$\xi = - 17^{\circ} 37' \quad w = 21^{\circ} 13' \quad a = - 40^{\circ} 1'$$

Berechnet man aus diesen Werten die Position der Axe in der Projection, so erhält man auf Zehntelgrade abgerundet:

$$\varphi = - 2^{\circ} 4' \quad \lambda = - 5^{\circ} 7'$$

Die Axe liegt also merklich links von der Medianebene. Die Diagramme der beiden mehrfach genannten Forscher ergeben:

	φ	λ
v. Fedorow	0°	— 5°
Michel-Lévy	+ 3°	— 7°

Der Unterschied ist zu gross, als dass er auf Versuchsfehler bei meiner Methode bezogen werden könnte. Denn wenn man die extremsten und den anderen Angaben am nächsten stehenden Werte von w und ξ zur Berechnung benützt, so findet man immer noch:

$$\varphi = - 1\frac{1}{2}^{\circ} \quad \lambda = - 6^{\circ}$$

Bedenkt man, dass Michel-Lévy zur Eintragung der Axe B auf einem ziemlichem Umweg gelangt ist (Position der Mittellinie a gegen drei Krystallflächen, Lage der Axenebene, wahrer Winkel der

optischen Axen), so möchte man für den hier vorliegenden Zweck der neuen directen Bestimmung den Vorzug geben.

Inwieweit v. Fedorow's Bestimmung mehr Vertrauen verdient, entzieht sich meiner Beurtheilung, da ich mit dem Universalisch nicht gearbeitet habe, und mir Anhaltspunkte fehlen, zu ermessen, mit welchem Grade von Genauigkeit man auf die optische Axe einzustellen vermag. Uebrigens sagt v. Fedorow selbst, dass er seine definitiven Werte nicht durch Einstellung auf die Axe $A_2 = B$, sondern mit Hilfe von A_1 erhalten habe, indem die Lage von A_2 aus den Auslöschungsschiefen auf (001) und (010) berechnet wurde.

Wie sich später zeigen wird, ist indessen die von v. Fedorow angenommene Lage der Axe B bei Feldspathen, die dem reinen Anorthit sehr nahe stehen, recht gut möglich, während Michel-Lévy's Angabe merklich aus der Reihe springt.

Ueberdies wäre in Erwägung zu ziehen, ob alle Somma-Anorthite in gleicher Weise dem idealen Anorthit nahe kommen. Um die Stellung des von mir optisch untersuchten wenigstens nach einer Richtung zu sichern, bestimmte ich das specifische Gewicht an zwei kleinen, aber ideal reinen Spaltstückchen, die demselben Drusenraum entstammten, der auch das Material zur optischen Untersuchung geliefert hatte. Ich erhielt beim Schwebenlassen in Methyljodid die auffallend hohen Zahlen 2·772 und 2·775. A b i c h gibt für das specifische Gewicht des Somma-Anorthites 2·768. Tschermak berechnete für reine Anorthit-Substanz 2·758. Hier ist somit noch eingehende Untersuchung wünschenswert.

Ich möchte vermuthen, dass mein Anorthit, der aus den Drusenräumen eines Auswürflings aus dunkelgrünem Augit und ölgrünem Meroxen stammt, dem reinen Anorthit näher stehe als die anderen bisher untersuchten. Damit würde auch die hohe Auslöschungsschiefe auf $P = -40\cdot1^\circ$, auf $M = -41\cdot1^\circ$ in Einklang stehen.

Ich unterlasse es, einige Messungen anzuführen, die sich auf die Orientirung der Axe A beziehen, und die ich an einem Spaltplättchen nach M anstellte. Sie ergeben eine ähnliche Abweichung von den Angaben Michel-Lévy's, und schliessen sich mehr dem Fedorow'schen Werte an. Für den vorliegenden Zweck sind sie belanglos. Vielleicht findet sich später Gelegenheit, die Sache auch bezüglich der anderen Axe A weiter zu verfolgen.

Orientirung der Axe B im Bytownit $Ab_1 An_3$ von Närödal.

Während die Angaben Michel-Lévy's und Fedorow's über den Labradorit von Labrador $Ab_1 An_1$ in erfreulicher Weise übereinstimmen, differiren ihre Angaben stark bezüglich der zwischen Anorthit und Labradorit liegenden Mittelglieder.

Fedorow gibt die Orientirung zweier Bytownite an, deren Zusammensetzung jedoch nicht bekannt ist. Michel-Lévy gibt noch die Orientirung eines Plagioklases $Ab_3 An_4$ an. Sie unterscheidet sich so bedeutend von der des Labradors $Ab_1 An_1$, dass die starke Aenderung der optischen Eigenschaften mit der geringen Zunahme des Anorthitgehaltes kaum in Einklang steht. Uebrigens gibt Michel-Lévy selbst in der Tafelerklärung die Zusammensetzung der bezüglichen Plagioklase zu „ $Ab_2 An_3$ à $Ab_3 An_4$ “ an. Es wird sich zeigen, dass die dargestellten optischen Verhältnisse in der That besser zu $Ab_3 An_3$ passen. Jedenfalls kann auch diese Bestimmung nicht als Ausgangspunkt dienen, um die Beziehung von φ und λ zur chemischen Mischung festzustellen.

Dank der freundlichen Zuvorkommenheit von Hofrath Tschermak konnte ich das Material prüfen, an welchem Schuster seine Beobachtungen über den Plagioklas von Närödal angestellt hat: eine kleine Menge von stark verzwilligten rauchgrauen durchscheinenden Körnern, welche G. vom Rath selbst meinem Freunde zur Verfügung gestellt hatte. Es ist dies dasselbe Material, welches in der Geschichte der Plagioklase eine so bedeutsame Rolle gespielt hat und dessen Zusammensetzung durch die ersten Mineralanalytiker erforscht worden ist. Nach der Analyse von Ludwig kommt dem Plagioklas die Zusammensetzung $Ab_1 An_3$ zu. Zur Controle bestimmte Herr H. Graber das spezifische Gewicht eines Spaltstückchens in schwerer Flüssigkeit zu 2.716, d. i. dieselbe Zahl, welche G. vom Rath anführt.

Ein Schliff senkrecht zur Verticalaxe liess in beiden Lamellensystemen je das Bild einer optischen Axe erkennen. Die Beobachtung war einigermaßen erschwert durch die ungemein feine Zwillingslamellirung, so dass es nur mit Mühe gelang, durch die Irisblende des Czapski-Oculares eine von Zwillingsstreifen freie Partie auszusondern. Indessen gelang es und es fand sich für den Winkel 2φ der Wert von $26^\circ 20'$.

An einem sehr kleinen, aber von Zwillingsstreifen fast völlig freien Spaltplättchen nach *P*(I), das mit dem Schraubenmikrometer-ocular nach der beim Anorthit auseinandergesetzten Methode behandelt wurde, fand ich:

	001	00 $\bar{1}$	Mittel bezogen auf 001
Mikrometer { parallel {	$\varrho = -50.2^{\circ}$ $r = 0.7045$	$+ 49.7^{\circ}$ 0.6575	$- 50.0^{\circ}$ 0.6810
Mikrometer { 45 $^{\circ}$ {	$\varrho = + 27.8^{\circ}$ $r = 0.1021$	$- 28.0^{\circ}$ 0.1727	$+ 27.9^{\circ}$ 0.1374

Hieraus ergeben sich folgende Werte für das Azimut der Axe gegen die Trace von *M* (ξ) und die scheinbare Centraldistanz in linearem Masse (*d*).

	ξ	<i>d</i>
001	$+ 20.0$	0.748
00 $\bar{1}$	$- 14.4$	0.732
Mittel bezogen auf 001	$+ 17.2$	0.740

Aus *d* ergibt sich unter Annahme von $n = 1.57$ (Mittel aus den Werten für Labrador und Anorthit) für den wahren Abstand der Axe von *P*:

$$w = 28^{\circ} 5'$$

Eine directe Bestimmung von ξ und *d* durch Einstellung auf die Axe lieferte folgende Zahlen:

001	$+ 20.0$	0.7656
00 $\bar{1}$	$- 17.0$	0.7418
Mittel bezogen auf 001	$+ 18.5$	0.7537

Hieraus: $w = 28^{\circ} 40'$

Das Mittel beider Beobachtungen liefert die Werte:

$$\xi = 17^{\circ} 51' \quad w = 28^{\circ} 22.5'$$

Ein zweites Spaltstück (*II*), an dem nur einige directe Einstellungen auf die Axe vorgenommen wurden, lieferte:

$$\xi = 19^{\circ} \quad w = 29^{\circ}$$

Hieraus ergeben sich die Mittelzahlen, für welche dem Spaltstück I doppeltes Gewicht beigelegt wurde:

$$\xi = 18^{\circ} 14' \quad w = 28^{\circ} 35'$$

Berechnet man hieraus die Orientierungswinkel der optischen Axe, so ergibt sich

$$\varphi = + 12^{\circ} 19' \quad \lambda = + 1^{\circ} 50'$$

Für φ erhielt ich aus dem Schlift senkrecht zur Verticalaxe:

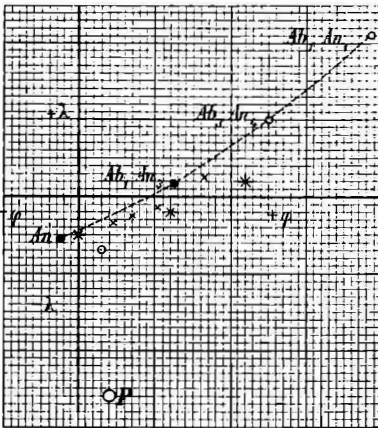
$$\varphi = 13^{\circ} 10'$$

Die Uebereinstimmung dieser auf ganz verschiedenem Wege gewonnenen Zahlen ist eine befriedigende. Man wird daher dem Mittel, welches auf Zehntelgrade abgerundet gegeben wird, ziemliches Vertrauen schenken können:

$$\varphi = + 12.7^{\circ} \quad \lambda = + 1.8^{\circ}$$

In Fig. 7 sind nun die Positionen der Axen B des Anorthit von Vesuv und des Bytownit von Närödal nach meinen Messungen

Fig. 7.



in ein rechtwinkliges Gradnetz eingetragen, von dem die horizontalen Linien die φ , die verticalen die λ messen. Von der sphärischen Krümmung ist hiebei abgesehen. Insoferne man im Rahmen der Versuchsfehler den Sinus gleich dem Bogen setzen darf, kann die Figur also auch als der Mitteltheil einer Projection senkrecht zur c -Axe (wie Fig. 5) angesehen werden. In diesem Sinne ist die Position der P -Fläche eingetragen.

Ferner enthält die Figur noch folgende Eintragungen:

1. Leere Kreise bezeichnen nach den Angaben von Michel-Lévy die Position der Axe B des Anorthit von Monte Somma: $\varphi = + 3^{\circ}$; $\lambda = - 7^{\circ}$;

des basischen Labradors $Ab_3 An_4$ bis $Ab_2 An_3$: $\varphi = + 25^{\circ}$; $\lambda = + 10^{\circ}$;

des Labradors $Ab_1 An_1$: $\varphi = + 38.5^{\circ}$; $\lambda = + 21^{\circ}$.

2. Sechsstrahlige Sterne \times bezeichnen nach v. Fedorow die Position der Axe B von Anorthit der Somma: $\varphi = 0$; $\lambda = - 5^{\circ}$;

Bytownit von der Pessegow'schen Hütte, Ostsibirien: $\varphi = + 12^{\circ}$; $\lambda = - 2^{\circ}$;

Bytownit-Labrador vom Koisuthal, Turkestan: $\varphi = + 22^{\circ}$; $\lambda = + 2^{\circ}$. Die Position der Axe B des Labradorit $Ab_1 An_1$ nach

v. Fedorow fällt fast genau mit der Angabe von Michel-Lévy zusammen.

3. Mit vierstrahligen Sternen α sind noch die Positionen der optischen Axe einiger Plagioklasse eingetragen worden, welche ich behufs Bestimmung ermittelt habe, und von denen später die Rede sein wird.

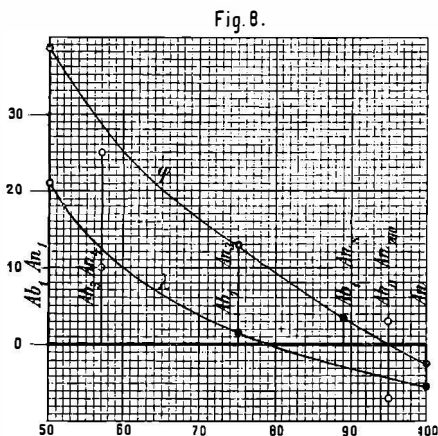
Die Gesamtheit der eingetragenen Positionen macht es wahrscheinlich, dass die Verschiebung der optischen Axe längs der punktirt eingetragenen Curve erfolgt, die also eine Folge von coordinirten Werten von φ und λ ablesen lässt.

Die Curve wurde durch die Punkte

	φ	λ
An	— 2·4°	— 5·7°
$Ab_1 An_3$	+ 12·7	+ 1·8
$Ab_3 An_4$	+ 25	+ 10
$Ab_1 An_1$	+ 38·5	+ 21

gelegt. Vielleicht wäre es richtiger gewesen, die Curve etwas unterhalb des Punktes $Ab_1 An_3$ durchzuziehen. Denn man sieht, dass nun alle Positionen auf der einen Seite der Curve liegen. Indessen glaubte ich doch der mit grösserer Sorgfalt und aus mehreren Beobachtungen abgeleiteten Position für $Ab_1 An_3$ den Vorzug geben zu sollen. Uebrigens ist die erforderliche Verlegung der Curve so unbedeutend, dass keine beträchtliche Verschiedenheit im Schlussresultate zu fürchten ist.

Fig. 8 zeigt nun die von dieser Curve abgeleiteten Werte φ und λ in ihrer Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Mischung. Der Gehalt an Molecularprocenten An ist als Abscisse, φ und λ als Ordinaten aufgetragen. Die Fixpunkte für die Eintragung der Curven liefern die übereinstimmenden Angaben v. Fedorow's und



Michel-Lévy's über den Labradorit $Ab_1 An_1$, ferner meine Be-

stimmungen am Bytownit von Närödal $Ab_1 An_3$ und am Anorthit der Somma, von welchem wahrscheinlich gemacht wurde, dass er einen dem reinen An schon sehr genäherten Feldspath darstellt; endlich ist noch ein Wert $\varphi = + 3\frac{1}{2}^\circ$ verwendet, der sich auf den Anorthit von Senftenberg in Niederösterreich bezieht, dessen Zusammensetzung der Formel $Ab_1 An_3$ entspricht. Die Bestimmung von φ erfolgte an einem Dünnschliff mittelst der Klein'schen Lupe.

Während sich, wie später noch ausführlich gezeigt werden wird, andere Bestimmungen der Curve sehr gut unterordnen, kann das nicht gesagt werden bezüglich der Angaben Michel-Lévy's über den Anorthit von der Somma. Dieselben sind an der von Michel-Lévy angegebenen Stelle der Abscissenaxe entsprechend der Formel $Ab_{11} An_{200}$ durch leere Ringeln angedeutet. Wie schon früher erwähnt, ist der Mangel an Uebereinstimmung vielleicht durch den Umweg zu erklären, auf dem Michel-Lévy zur Eintragung der Axe B gelangte.

Auch die Angaben für $Ab_3 An_4$ fügen sich an der Stelle, wo sie nach der Formel einzutragen wären, nicht gut in die stetige Curve. Dagegen würden sie vorzüglich einpassen, wenn es erlaubt wäre, eine etwas basischere Zusammensetzung etwa $Ab_2 An_3$ für den optisch untersuchten Feldspath anzunehmen.

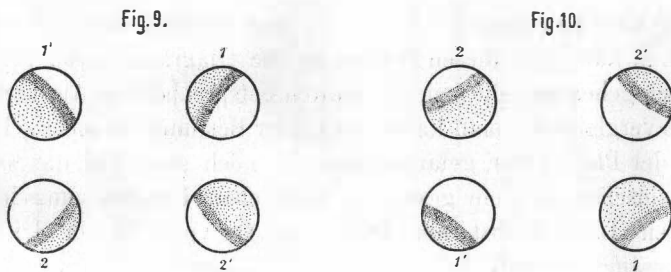
Bevor an Beispielen die Anwendung der in Fig. 8 gezeichneten Curven zur Feldspathbestimmung gezeigt wird, mag noch auf einige charakteristische Eigenschaften des Interferenzbildes hingewiesen werden, welche insbesondere auch dazu dienen können, in dem Lamellenbau des Plagioklases diejenigen Lamellensysteme zu erkennen, welche nach dem Albit bezüglich Karlsbader Gesetz verbunden sind.

Wir wollen dabei annehmen, dass vollständige Doppelzwillinge vorliegen, und dass die Beobachtung des Interferenzbildes in allen Lamellensystemen möglich ist. Offenbar muss dann ein Individuum sich in der Normalstellung befinden: 010 zur Rechten, 001 nach vorne abfallend. Stellt man den Durchschnitt so ein, dass die Trace von 010 mit der von vorn nach hinten gehenden Hauptebene des Mikroskopes übereinstimmt, so geht der dunkle Balken des Interferenzbildes von vorn links nach hinten rechts, und in dem Raume links hinten liegt die Elasticitätsaxe α ; schaltet man in der üblichen Stellung ein Gypsblättchen vom Roth I. Ordnung ein, so färbt sich die linke hintere Hälfte des Gesichtsfeldes gelb, die rechte vordere

blau. Fig. 9 gibt in 1 diese Erscheinung wieder; das gelbe Feld ist durch Punktirung bezeichnet, das blaue ist weiss gelassen.

Es ist nun sehr leicht, unter Berücksichtigung der Symmetrieverhältnisse der Zwillinge, das Verhalten der 3 übrigen Individuen abzuleiten. In Fig. 9 liefert 1' das Bild desjenigen Individuums, das sich mit 1 in Zwillingstellung nach dem Albitgesetz befindet. 2 und 2' sind die mit 1, bezüglich 1' nach dem Karlsbader Gesetz verbundenen Individuen, die ihrerseits wieder dem Albitgesetz gehorchen.

Bestimmt man die Lage der optischen Axen im Gesichtsfelde und ordnet die zugehörigen Interferenzbilder in der Ebene entsprechend dieser Lage, so wird man verschiedene Anordnungen erhalten, je nach der Lage der optischen Axe im Normalindividuum, je nach den Vorzeichen von φ und λ .



Folgende zwei Fälle sind wichtig, da sie beide unter den gesteinsbildenden Plagioklassen häufig vorkommen:

I. (Fig. 9) umfasst die saureren Glieder der Reihe bis zur Mischung $Ab_1 An_4$. Die Axenbüschel liegen bei den richtig angeordneten Bildern radial; φ und λ sind positiv.

II. (Fig. 10) umfasst die Mischungen von $Ab_1 An_4$ bis $Ab_1 An_{19}$ (95% An). Die Axenbüschel liegen tangential, φ ist positiv, λ negativ.

Ein dritter Fall, welcher die Bilder in folgender Anordnung zeigen würde:

$$\begin{array}{cc} 2' & 2 \\ 1 & 1' \end{array}$$

ist bis jetzt unter den gesteinsbildenden Plagioklassen nicht beobachtet worden.

Sind nur 3 Individuen des Doppelzwillings vorhanden, so kann es geschehen, dass bei der angenommenen Stellung keines die Normallage hat. Dann wird eine Drehung des Präparates um 180° in

der Horizontalebene eines der Individuen in die Normalstellung überführen. Dasselbe kann bei zwei nach dem Albitgesetz verbundenen Individuen eintreten. Sind bloß zwei nach dem Karlsbader Gesetz verbundene Individuen vorhanden, so können diese auch den Bildern 1' 2' entsprechen, und dann wird erst eine Drehung von 180° um eine horizontale Axe (Unterseite nach oben) eines der Individuen in die Normalstellung bringen.

Wenn mehr als zwei Axen des Doppelzwillings, oder wenn die beiden Axen eines Karlsbader Zwillings bestimmt wurden, so kann man mit leichter Mühe die Orientirung des Schnittes ermitteln; der Mittelpunkt des von den Axenörtern gebildeten Rechteckes entspricht dem Durchstichpunkt der *c*-Axe; legt man in diesen den Nullpunkt eines rechtwinkeligen Coordinatensystems, parallel und senkrecht zur Trace der Zwillingsebene, so geben die Coordinaten des Gesichtsfeldmittelpunktes, und zwar die Abscisse φ und die Ordinate λ des Schnittpoles. Man kann mit diesen Werten in die Diagramme von Michel-Lévy eingehen und die jenen Schnitten entsprechenden Auslöschungsschiefen vergleichen; man kann so zu einer Bestimmung jener schmalen Zonen der Plagioklase gelangen, welche noch ganz gut die Messung der Auslöschungsschiefe gestatten, aber einer Untersuchung im convergenten Licht selbst mit Hilfe der Czapski'schen Irisblende nicht zugänglich sind.

Beispiele von Bestimmungen gesteinbildender Plagioklase.

Ich gebe hier eine Anzahl von Beispielen, welche die Anwendung der vorgeschlagenen Methode vor Augen führen sollen. Vorangestellt werden hierbei solche Plagioklase, an denen mehrere Individuen gemessen werden konnten.

Plagioklas aus der Augitporphyredecke des Monte Agnello bei Predazzo.

Die höchstens 2 Millimeter messenden Durchschnitte sind erfüllt von Glaseinschlüssen, so dass eine Bestimmung des Feldspathes nach dem spezifischen Gewicht ganz ausgeschlossen wäre.

Die Plagioklas-Einsprenglinge finden sich in grosser Zahl mit reichlichen eigenthümlich umgewandelten Olivinen und spärlicheren lichtflaschengrünen Augiten in einer holokrystallinen Grundmasse. Das Gestein gehört zum Navit-Typus des Melaphyrs (Rosenbusch).

Ein Durchschnitt lässt in drei Lamellensystemen Axenbilder erkennen. Die Axen liegen in folgenden Positionen, wobei ξ das Azimut gegen die Zwillingsstrace, w den wahren Winkelabstand von der Schnittnormalen bedeutet.

ξ	w	Die Axe liegt im Quadranten ¹⁾
1 + 19°	11°	lv
1' + 54½°	16½°	lv
2 + 79°	13°	lv

Aus der Construction ergibt sich:

$$11' = 2\varphi = 9\frac{1}{2}^\circ; \quad 1'2 = 2\lambda = 6\frac{1}{2}^\circ$$

Die Untersuchung der Interferenzbilder zeigt, dass der vorliegende Plagioklas, entsprechend Fig. 10, zum II. Typus gehört; somit ist $\varphi +$, $\lambda -$ zu nehmen:

$$\varphi = +4\frac{3}{4}^\circ; \quad \lambda = -3\frac{1}{4}^\circ$$

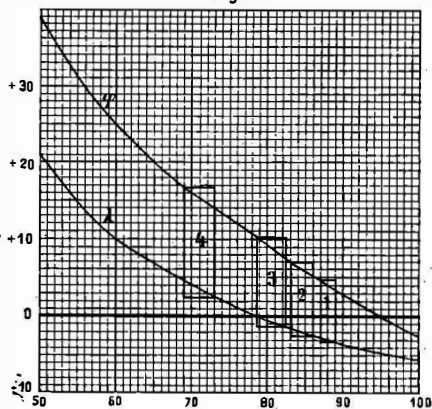
hieraus folgt nach Fig. 8

$$\begin{array}{l} \text{für } \varphi \quad Ab_{13} An_{97} \\ \text{für } \lambda \quad Ab_{11} An_{89} \end{array} \quad \text{Mittel } Ab_{12} An_{98} \text{ oder } Ab_1 An_7$$

In Fig. 11 ist unter 1 das Rechteck verzeichnet, welches von den Ordinaten für φ und λ umschlossen wird.

Wären alle Bestimmungen fehlerfrei, so würde sich das Rechteck zur Linie schliessen. Die Breite desselben gibt somit einen Anhaltspunkt für die Fehlerhaftigkeit der einzelnen Bestimmungen und der ganzen Methode; man wird zugestehen, dass diese Unsicherheit nicht grösser ist als jene, die bei Bestimmung der Plagioklase durch correspondirende Auslöschungsschiefen auf P und M nach M. Schuster gewöhnlich vorkommt.

Fig. 11.



¹⁾ l = links, r = rechts, v = vorne, h = hinten.

Für die Position des Schnittes ergeben sich aus der Construction die Werte:

$$\varphi = + 7\frac{1}{2}; \lambda = + 6\frac{1}{2}$$

und für diese Position liefert das Diagramm M.-Lévy's für Anorthit Auslöschungsschiefen, welche hier unter *An* angeführt sind, während die Beobachtung ergab:

beobachtet	<i>An</i>
1 + 57°	+ 63°
1' — 36°	— 42°
2 + 9°	+ 10°

In einer sehr schmalen Aussenzone gehen die Auslöschungsschiefen stark herunter und als Grenzwerte wurden gefunden:

beobachtet	<i>Ab₃ An₃</i>	<i>Ab₁ An₁</i>
1 + 3·5°	+ 1°	+ 8°
1' — 5°	— 4°	— 11°
2 + 3·5°	+ 2·5°	+ 3°

Diese Auslöschungsschiefen lassen sich nun, da die Position des Schnittes bekannt ist, dazu verwenden, den Plagioklas der Hülle annähernd nach den Diagrammen von M. Lévy zu bestimmen. Man wird, wie die oben zum Vergleich angeschriebenen Zahlen lehren, auf einen etwas basischen Andesin geführt.

Damit stimmen auch anderweitige Beobachtungen überein: Maximum der Auslöschungsschiefe in symmetrisch auslöschenden Schnitten senkrecht (010) 40°. In einem Schnitt nach 010 wurde für die Auslöschungsschiefe im Kern gefunden: — 30½°, in der äussersten Hülle — 9°.

Plagioklas-Einsprenglinge im Melaphyr des Mulatto bei Predazzo.

Es ist das bekannte typische Gestein mit reichlichen tafeligen grauen Feldspathen, welche in früherer Zeit für Oligoklas gegolten haben, das die Hauptmasse des Mulatto über den körnigen Intrusivgesteinen der Tiefe zusammensetzt.

Ein Durchschnitt zeigt in 3 Lamellensystemen des Doppelzwillings die optische Axe; das vierte war in zu feinen Lamellen entwickelt.

ξ	<i>w</i>	Die Axe liegt
1 + 74°	29°	<i>rh</i>
1' + 42°	9½°	<i>rh</i>
2 + 32°	11°	<i>rh</i>

Aus der Construction folgt

$$11' = 2\varphi = 20\frac{1}{2} \quad 1'2 = 2\lambda = 2\frac{1}{2}^{\circ}$$

$$\varphi = +10\frac{1}{4} \quad \lambda = -1\frac{1}{4}^{\circ}$$

Die Interferenzbilder entsprechen der Fig. 10 (Typus II), somit $\varphi +$, $\lambda -$.

Aus den gefundenen Werten folgt (vergl. Rechteck 3, Fig. 11)

für φ $Ab_{21.5} An_{78.5}$ im Mittel $Ab_{19.6} An_{80.6}$ oder $Ab_1 An_4$
für λ $Ab_{17.5} An_{82.5}$

Ferner ergibt sich für den Schnitt die Position $\varphi = -16.5^{\circ}$; $\lambda = -8^{\circ}$. Für einen Schnitt dieser Lage geben Michel-Lévy's Diagramme für An und $Ab_3 An_4$ folgende Auslöschungsschiefen, während die Beobachtung die daneben gesetzten Zahlen ergab:

	Beob.	An	$Ab_3 An_4$
1	+ 9.5°	+ 15°	+ 5°
1'	+ 51°	+ 83°	+ 15°
2	+ 79°	+ 74°	+ 10°
2'	- 22°	- 33°	- 17°

In der Randzone gehen auch hier die Auslöschungsschiefen stark herunter; es wurde beobachtet:

	Beob.	$Ab_5 An_3$
1	+ 3.8°	+ 4°
1'	+ 5°	+ 4°
2'	- 9°	- 9°

Unter $Ab_6 An_3$ stehen wieder die Zahlen, welche sich aus dem Diagramm Michel-Lévy's ableiten lassen.

Ein Schnitt nahe parallel M lässt deutliche Periklin-Lamellen und Zusammensetzung nach dem Karlsbader und Albit-Gesetz erkennen. Die Auslöschungsschiefe gegen Spaltrisse nach (001) wurde gefunden:

1	- 30°
1'	- 33°
2	- 27.5°

Ferner wurde der Winkel zwischen den schmalen Periklin-Lamellen und den Spaltrissen nach P gleich -7° gemessen. In der schmalen Aussenzone sinkt die Auslöschungsschiefe fast bis 0° . Alle

Plagioklas im Hornblendegabbro Varallo, Ceviagrube.

$$11' = 2 \varphi = 5^{\circ} \qquad \varphi = 2\frac{1}{2}^{\circ}$$

Da hier die Bilder Fig. 10 entsprechen, ist $\varphi +$ zu nehmen, somit liegt entsprechend der Fig. 8 die Mischung $Ab_1 An_9$ vor.

„Anorthit“ aus dem Anorthit-Dioritschiefer von Senftenberg

(vergl. diese Mitth. IV, pag. 246, Analyse pag. 248).

$$11' = 2 \varphi = 6\frac{1}{2}^{\circ} \qquad \varphi = 3\frac{1}{4}^{\circ}$$

Dieser beobachtete Wert für φ fällt, an dem Punkt $Ab_1 An_9$ der Abscissenaxe eingetragen, vortrefflich zwischen die von mir ermittelten Werte von An und $Ab_1 An_3$; er wurde daher zur Construction der Curve für φ Fig. 8 mit verwendet.

Plagioklas aus dem stockförmig auftretenden Melaphyr vom Südost-Fuss des Monte Agnello bei Predazzo.

Das Gestein ist reich an frischem Olivin und Augit mit schöner Zonarstructur. Es enthält auch etwas Biotit. Einsprenglinge von Plagioklas sind selten. In einem solchen wurde beobachtet:

$$11' = 2 \varphi = 28^{\circ} \qquad \varphi = 14^{\circ}$$

Hieraus folgt $Ab_{27} An_{73}$. Trotzdem das Gestein reicher an Olivin und Augit ist als die Lavendecke des Monte Agnello, enthält es einen Na -reicheren Plagioklas.

~~~~~  
**Druck von Gottlieb Gistel & Comp. in Wien, I., Augustinerstrasse 12.**  
~~~~~