

III. ZUR PHYSIOGRAPHIE GEMENGTEILE DER KRYSTALLINEN SCHIEFER

DER

von

F. BECKE,
W. M. K. AKAD.

Mit 19 Textfiguren und 2 Tafeln.

VORGELEGT IN DER SITZUNG VOM 12. JULI 1906.

Die Feldspate.

Die Feldspate spielen in der Zusammensetzung der alpinen Gesteine eine so wichtige Rolle und ihre Ausbildung bietet so viele interessante Probleme, daß ihrem Studium große Sorgfalt und Mühe zugewendet wurde.

Eine abschließende Behandlung der Feldspate und ihrer Rolle in unseren Gesteinen kann zweckmäßig erst am Schluß der Arbeit gegeben werden. Hier sollen vornehmlich jene Beobachtungsmethoden besprochen werden, welche bei der Untersuchung der Gesteinsfeldspate Anwendung finden; dies wird eine wesentliche Abkürzung der späteren Gesteinsbeschreibungen ermöglichen. Dabei werden allerdings einige allgemeine Resultate schon hier zur Sprache kommen.

Als allgemeinstes Resultat ergibt sich die Zweiteilung in Kalifeldspat einerseits, Plagioklas anderseits.

Kalifeldspat.

Der Kalifeldspat ist stets durch seine schwache Lichtbrechung zu erkennen. Unter den gewöhnlichen Gemengteilen der kry stallinen Schiefer ist er der am schwächsten lichtbrechende und fast der einzige, dessen Brechungsexponent unter den des Canadabalsams heruntergeht. Nur Albit kommt ihm nahe, und wenn die Grenze zwischen Albit und Kalifeldspat unregelmäßig gestaltet ist, ist Aufmerksamkeit von nötten, um die höhere Lichtbrechung des Albites wahrzunehmen.

Der Kalifeldspat ist außerdem noch durch seine schwache Doppelbrechung charakterisiert. Auch hierin hat er unter den Gemengteilen mit niederer Lichtbrechung keinen Konkurrenten.

Krystallformen zeigt der Kalifeldspat nur selten und nur in jenen Gesteinen, welche nachweislich aus Erstarrungsgesteinen hervorgegangen sind, als Reststruktur. Aber auch in diesen Fällen wird die Begrenzung der Durchschnitte von Kalifeldspat im Detail durch die mitvorkommenden anderen Gemengteile bestimmt. Im Grundgewebe der Gneise zeigen die kleinen Kalifeldspate sehr häufig typisch xenoblastische Formen. Wenn Kalifeldspat als typomorpher Gemengteil in Paragneissen auftritt, zeigt er stets solche xenoblastische Formen.

Der Kalifeldspat zeigt stets mehr oder weniger deutlich die Gitterung des Mikroklins wenigstens andeutungsweise, so daß man sich zu der Behauptung versucht fühlt, ein wirklicher Orthoklas existiere in den Gesteinen der Zentralalpen als Gesteinsgemengteil überhaupt nicht. Diese Aussage bezieht sich natürlich nicht auf den als Drusenmineral auftretenden Adular. In jenen Fällen, wo die Zuweisung zum Mikroklin nicht sichergestellt oder zweifelhaft ist, werden wir den allgemeinen Ausdruck: Kalifeldspat gebrauchen, Mikroklin, wenn in den entsprechenden Schnitten die Gitterlamellierung erkennbar ist.

In vielen Fällen sind die Gitterlamellen in ihrer Verteilung von Einschlüssen, von den eingelagerten Albitlamellen, von Knickungen u. s. w. beeinflußt, so daß wenigstens öfter eine Abhängigkeit von Pressung anzunehmen ist.

Die Ausbildung der Mikroklingitterung ist allerdings verschieden: Von der deutlichsten Gitterung, wie sie ähnlich in den sibirischen und nordamerikanischen Amazoniten bekannt ist, bis zu der verschwommenen submikroskopischen Ausbildung, die sich durch wogende Auslöschung verrät, erscheinen alle Übergänge.

Deutliche Mikroklingitterung zeigen insbesondere die oft handtellergroßen Kalifeldspate des Antholzer Granitgneises, der Tschigat-Masse, die des Granitgneises von Umhausen. In den Kalifeldspaten des »Zentralgneises« der hohen Tauern ist die Gitterung feiner. (Vergl. Fig. 4, Taf. 1 aus Antholzer Granitgneis und Fig. 1 aus Syenitgneis von Böckstein).

Die deutliche Gitterstruktur mit Lamellen parallel M und nahe senkrecht hierzu findet man nur in den am stärksten doppelbrechenden Schnitten parallel P und nahe liegenden. (Vergl. Taf. 1, Fig. 1, Durchschnitt links, Fig. 4, Fig. 5.)

In Schnitten nach (100) und senkrecht zu M und P zeigt sich mehr eine flammige Zeichnung von Lamellen, die sich in ihrer Auslöschung wenig unterscheiden; solche Schnitte und nahe liegende lassen dann bei größerer Ausbildung den Austritt der Mittellinie α erkennen, und zwar in den beiden Lamellensystemen stark gegeneinander verschoben. (Vergl. Fig. 2 und 3, Fig. 4, mittlerer Durchschnitt.) Auch schiefe Schnitte zeigen die Lamellen schlecht begrenzt infolge von keilförmiger Überlagerung ihrer Ränder (Fig. 5 unten). Alle Durchschnitte des Kalifeldspates lassen sich durch Drehung zwischen gekreuzten Nikols in eine Stellung bringen, wo die Gitterlamellierung, die wogende Auslöschung etc. verschwindet, der Durchschnitt homogen wie einheitliches Individuum aussieht. Alles, was nicht zu demselben Individuum gehört, tritt dann in abweichender Interferenzfarbe hervor. (Éclairement commun von M. Lévy.) Die perthitischen Albitbänder lassen sich auf diese Art gut zur Anschauung bringen. (Vergl. Taf. 1, Fig. 3). Ist ein Karlsbader Zwilling senkrecht zu (010) getroffen, so tritt diese Stellung für beide Teile in der Diagonalstellung ein, sonst hat jeder Teil des Zwillings seine besondere Stellung gemeinsamer Aufhellung.

Schnitte parallel M zeigen gewöhnlich infolge der submikroskopischen Ausbildung der Zwillingslamellierung keinen Unterschied gegen Orthoklas. Insbesondere erhält man ein Interferenzbild, als ob die Mittellinie γ zentral austräte. Nur in sehr grob struierten Mikroklinen läßt sich in sehr dünnen Schnitten die Abweichung der γ von der Normalen von M wahrnehmen. (Fig. 6, Taf. 1.)

In diesen Schnitten wurde die Auslöschungsschiefe auf M kaum jemals größer als $+6^\circ$ gefunden, das ist die Auslöschungsschiefe des reinen Kalifeldspates. Der größte Brechungsexponent wurde in den Fällen, wo er bestimmt wurde, immer merklich kleiner als 1.53 gefunden.

Bemerkenswert ist ferner, daß wir bei zahlreichen Beobachtungen nie ein Wachsen des negativen Achsenwinkels über 90° hinaus beobachteten (Isorthose, Duparc.)¹ Der Charakter der Doppelbrechung erschien stets negativ.

In den mannigfaltigen parallelen Verwachsungen mit Albit konnte ich mich öfter von der gegenseitigen Lage der Achsen des Kalifeldspates und Albites überzeugen. Sie wurde immer gefunden, wie sie

¹ L. Duparc et L. Mrázec, Le Minerai de Fer de Troitsk, St. Petersburg 1904, pag. 59. — L. Duparc: Sur une nouvelle variété d'orthose. Comptes rendus, 138, pag. 714, 1904.

nach der bekannten Orientierung sein muß. Die Achsenebene des Kalifeldspates bildet mit P einen kleineren Winkel als die des Albites, die optische Achse des Albites liegt näher gegen die Mittellinie γ als die des Kalifeldspates. Der Winkel zwischen den beiderlei Achsen ist nicht sehr groß. Wegen der schwachen Doppelbrechung des Kalifeldspates sind übrigens die Achsenbilder sehr verwaschen und da außer dem qualitativen Nachweis der richtigen Orientierung sich kein weiteres Interesse an die Größe dieses Winkels knüpft, wurden Bestimmungen desselben nicht vorgenommen.

Unter den Verhältnissen unter denen die Gesteine der Zentralalpen krystallisierten, entwickeln sich also nie physikalisch homogene Mischungen von Kali- und Natronfeldspat oder Anorthoklase;¹ es findet vielmehr immer eine reinliche Scheidung statt.

Reichlich sind dagegen mechanische Gemenge von Kalifeldspat und albitreichen Plagioklasmischungen, die Perthite, vorhanden. Ihre Entwicklung ist eine sehr mannigfaltige.

Neben Verwachsungen, die auf ein gleichzeitiges Wachsen beider Feldspatarten hindeuten, finden sich solche, wo eine Ausscheidung der Albiteinlagerungen aus einer ursprünglich physikalisch homogenen Mischung von Albit in Kalifeldspat (feste Lösung) wahrscheinlich wird, und endlich finden sich Fälle, die auf eine allmähliche Verdrängung von Kalifeldspat durch Albit hinweisen (Schachbrett-Albit S. S. 28).

In den Gneisen der Zentralalpen zeigen die Perthitlamellen nie die sehr stetigen Grenzen, die für die Mikroperthite der sicher einem sehr tiefen Niveau entstammenden Granitgneise und Granulite des niederösterreichischen Waldviertels charakteristisch sind, und welche kürzlich F. E. Sueß eingehend beschrieben hat (Jahrb. d. k. k. Geol. R. A., 54, 416). Vielmehr zeigen die Perthitbänder immer eine zackige, rauhe Grenzlinie, wie in den Figuren Taf. 1, Fig. 1 und Fig. 6, gut zu sehen ist.

Die von F. E. Sueß (l. c.) aufgestellte Gruppe der Antiperthite hat in alpinen Gesteinen nur spärliche Verbreitung. Was von derartigen Verwachsungen bekannt ist, stammt aus der Ötzaler Masse.

Als eine durchgreifende Erscheinung kann maninstellen, daß der Kalifeldspat und der aus ihm durch Verdrängung hervorgehende Schachbrett-Albit (siehe später) frei ist von jenen kleinen Glimmerschüppchen, welche in den Plagioklasen nie fehlen², wo sie gewöhnlich begleitet sind von Nadelchen von Zoisit oder Klinozoisit oder kleinen Rhombendodekaëdern von Granat.

Dagegen findet man im Kalifeldspat bisweilen kleine Rhomboëderchen von Calcit eingewachsen. Häufig ist auch eine feine Trübung, welche den Dünnschliffen von Kalifeldspat im auffallenden Licht eine bläulichweiße, im durchfallenden eine schwach bräunlichgelbe Färbung verleiht. Bei Untersuchung mit starken Objektiven sieht man dann unregelmäßig gestaltete, anscheinend leere Hohlräume.

Plagioklas.

Von den Plagioklasen kennen wir in unseren Gesteinen die ganze Reihe vom Albit bis zu ziemlich anorthitreichen Mischungen. Doch treten die letzteren sehr zurück und fehlen weiten Gebieten vollständig. Die größte Verbreitung haben Plagioklase aus dem Bereich der Mischungsreihe zwischen Albit und Oligoklas. Es gibt ausgedehnte Regionen wo als typomorphe Gemengteile der krystallinen Schiefer überhaupt nur diese albitreichen Mischungsglieder auftreten.

Die Bestimmung der Gesteinsplagioklase ist nunmehr so durchgearbeitet, daß man kaum irgendwo über die Natur der auftretenden Plagioklase in Zweifel zu sein braucht.

¹ Was von Duparc im Protogin des Montblanc als Anorthoklas beschrieben wurde, dürfte wahrscheinlich der später erwähnte Schachbrett-Albit sein. (Vergl. später Seite 28).

² Dies hebt schon Weinschenk ganz richtig hervor. Beiträge zur Petrographie der östlichen Zentralalpen, II. Münchener Akademie, 1894, pag. 81.

Eine Fülle von sinnreichen Methoden knüpft sich an die Arbeiten von v. Fedorow¹ und Michel Lévy.

Die Feldspatbestimmungen des erstgenannten Forschers entbehren der direkten chemischen Analyse. Die Beziehung zur chemischen Mischung wurde gesucht und gefunden auf dem Wege der Kurven der Auslöschungsschiefen auf *M* und *P* von Max Schuster.

Die Diagramme von Michel Lévy² gehen auf die Beobachtungen von Fouqué³ zurück, die zum großen Teil an chemisch bestimmtem Material ausgeführt sind. Dabei zeigt sich bei M. Lévy ein gewisses Schwanken in der Angabe des Gehaltes von Ab und An in den Plagioklasen, deren optische Orientierung dargestellt wurde. So wurde für Diagramm II erst 20%, später 18% An angegeben, für III erst 25, dann 28, V wurde von 50 nach 47, VI von 57 nach 60 verschoben.

Ich glaubte ferner zu bemerken, daß die Beziehung auf die chemische Abszisse nicht in allen Fällen mit den Beobachtungen von Max Schuster in Einklang zu bringen war.

Da nun auch die optischen Orientierungen mittels Camera lucida und Zeichentisch eine erheblich größere Genauigkeit zu haben schienen als die älteren Beobachtungen, da ferner eine Anzahl neuer Bestimmungsstücke in Gebrauch genommen wurden, welche ich nach derselben Methode, mittels deren sie bei der Gesteinsuntersuchung Verwendung fanden, an chemisch bekanntem Material ermittelten konnte, lag es nahe, sich von den älteren Beobachtungen ganz zu emanzipieren. So wurden für die albitreichere Hälfte der Plagioklase eine Reihe von sorgfältigen Bestimmungen ausgeführt⁴ und diese dann später so weit es mir möglich war über die ganze Plagioklasreihe ausgedehnt.

Das Resultat dieser Arbeiten ist in der folgenden Tabelle mitgeteilt. Die Einzelbeobachtungen, auf denen diese Tabelle beruht, sind in einem besonderen Kapitel zusammengefaßt.

	An %	Position der Achse			
		A		B	
		λ	φ	λ	φ
Albit	5	+ 64°7	— 49°5	— 78°8	— 47°9
Oligoklas-Albit	13	+ 67	— 46	+ 85·5	+ 47·5
Oligoklas	20	+ 69	— 42	+ 70	+ 44
Oligoklas	25	+ 72	— 40	+ 60	+ 41
Andesin	37	+ 80	— 43	+ 36·5	+ 38
Labrador	52	+ 76·7	— 55·7	+ 15·7	+ 35
Labrador	63	+ 76	— 56	+ 8	+ 23
Bytownit	75	+ 64	— 56	+ 1·8	+ 12·7
Anorthit	100	+ 57·9	— 63·2	— 6·2	— 2·6

Die hier zusammengestellten Zahlen sind von ungleichem Wert. Die unter 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9 dürfen in Bezug auf die Orientierungen der Achsen kaum um mehr als 1° unrichtig sein. In Bezug auf den Anorthitgehalt schätze ich den möglichen Fehler bei 2, 3, 4, auf weniger als 2%. Bei 1 und 9 bin ich weniger sicher. Bei 8 ist der Anorthitgehalt vielleicht um 1—2% zu hoch angenommen.

Die Orientierungen 5 und 7 sind erheblich weniger genau. Der Anorthitgehalt ist hier nicht unmittelbar bestimmt, sondern durch Vergleich mit chemisch bekanntem Material erschlossen. Namentlich

¹ Zahlreiche Artikel in der Zeitschr. f. Kryst. Die wichtigsten: Universal. (Theodolith-) Methode in der Mineralogie und Petrographie 22. 229—268. — Die zu den optischen Achsen normalen Schnitte der Plagioklase. 25, 94, 95. — Universalmethode und Feldspatstudien. 25. 225 und 27. 337.

² Étude sur la determination des Feldspats dans les plaques minces. 1. fascicule 1894, 2. fascicule 1896, 3. fascicule 1904. Paris, Béranger Editeur.

³ Contribution à l'étude des Feldspats des roches volcaniques. Paris Bull. soc. franç. de Mineralogie 1894.

⁴ Vergl. die Zusammenstellung der hierauf bezüglichen Publikationen im Anhang.

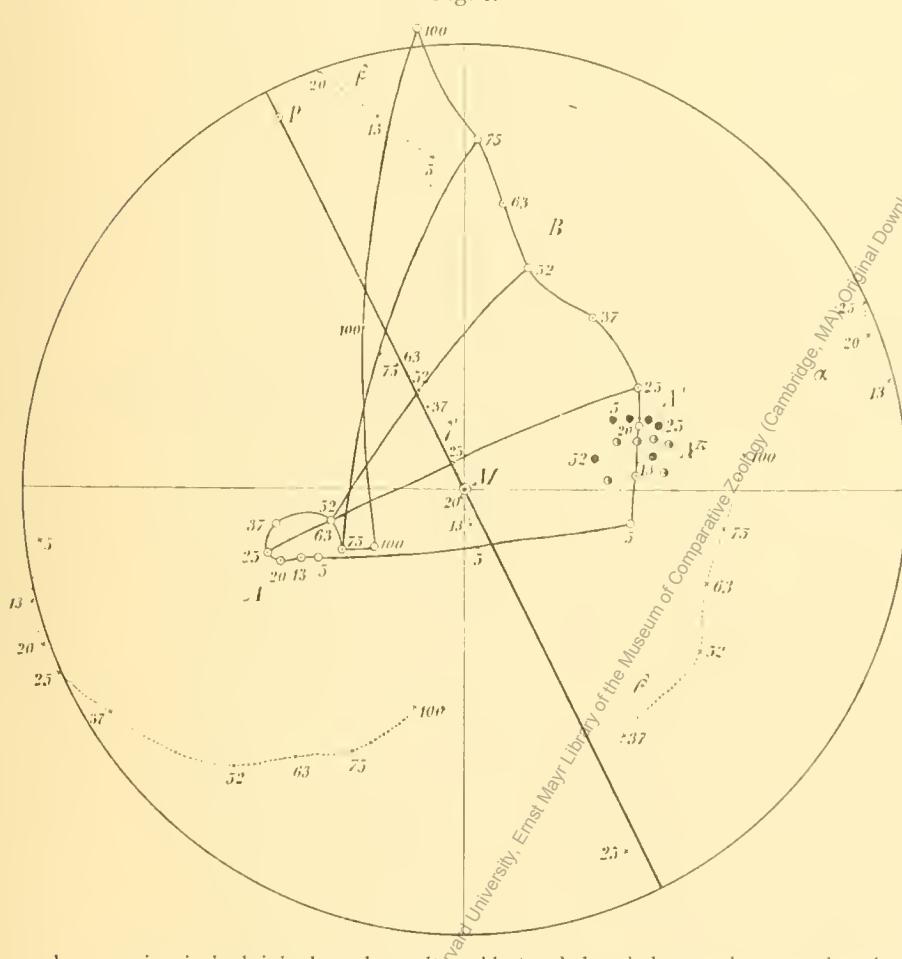
Nr. 7 ist wahrscheinlich noch mit größeren Fehlern behaftet, wenngleich wahrscheinlich weniger fehlerhaft als der Typus VI von Michel Lévy. Die basischen Plagioklase sind bisher noch immer recht wenig genau bekannt.

Trägt man diese Achsenpositionen in eine stereographische Projektion ein (vergl. die Projektion, Fig. I), so wird man sich des Eindruckes nicht erwehren können, daß es sich hier um eine einheitliche und stetige Reihe von Positionsänderungen handelt, wie schon Max Schuster klar verkannt hatte. Dieser Eindruck wird noch verstärkt, wenn man beachtet, daß sich diese Achsenbahnen mit einem ziemlichen Grad von Annäherung auf Grund gewisser sehr einfacher Hypothesen aus der Orientierung von Albit und Anorthit und dem Mischungsverhältnis beider vorausrechnen lassen. Auf diese Frage, die ich an anderer Stelle¹ behandelt habe, soll jedoch hier nicht näher eingegangen werden.

Es genügt das Resultat anzugeben:

Zwei sich nicht sehr stark voneinander unterscheidende Hypothesen: Mallard's Hypothese der parallelen Verwachsung, und Pockel's Hypothese der festen Lösung gestatten die Vorausberechnung

Fig. 1.



Die Fig. 1 stellt eine stereographische Projektion der Plagioklase auf M (010) dar; außer der M -Fläche ist nur noch die Fläche P (001) eingetragen. Von den kleinen Winkeldifferenzen zwischen Albit und Anorthit ist abgesehen. Die Orientierung der sämtlichen Plagioklase ist so eingetragen, als ob die Prismenze (der horizontale Durchmesser), die Fläche M und die Vertikalachse gemeinsam wären. Die Ziffern 5, 13, 20, 25, 37, 52, 63, 75, 100 beziehen sich auf den Anorthitgehalt der dargestellten Mischungen, ausgedrückt in Molekularprozenten Anorthit.

Eingetragen sind die optischen Achsen A und B (leere Kreise), ferner die Mittellinien α und γ und die optische Normale β . Von Albit 5 %, Oligoklas 25 %, Labrador 52 %, Bytownit 75 %, Anorthit 100 % Anorthitgehalt sind auch die Stücke der Achsenebenen zwischen den Achsenpolen, welche die Mittellinie γ enthalten, ausgezogen.

Die vollen Punkte A' geben die Position der A -Achsen im Zwilling nach dem Albitgesetz, die halb schwarzen Punkte A'' die Position der A -Achsen nach dem Periklingesetz und zwar für die Plagioklase von 5–52% Anorthitgehalt. Durch Ausmessen der Bögen zwischen den zusammengehörigen Punkten BA' und BA'' erhält man die Winkel zwischen den ungleichen Achsen im Albit- und Periklinzwillig (Vergl. p. 14). Ebenso lassen sich der Projektion auch die Zwillingswinkel B_1B_2 und A_1A_2 des Karlsbader Zwillings entnehmen; sie sind gleich dem doppelten Abstand des Achsenpoles von dem horizontalen Durchmesser.

Der doppelte Abstand einer der Achsen B vom Grundkreis gibt den Winkel BB' eines Albitzwillings bei den basischen Plagioklasen, der doppelte Abstand vom vertikalen Durchmesser den Winkel zwischen den B -Achsen der Individuen 1 und 2' eines Doppelzwillings nach dem Karlsbader Albitgesetz.

der Achsenbahnen und der Brechungssindizes. Beide Hypothesen stellen den Gang der Erscheinungen mit einer gewissen Annäherung dar, doch sind Unterschiede gegen die Beobachtung vorhanden von einer solchen Größe, daß sie durch Verkleinerung der Beobachtungsfehler nicht zum Verschwinden gebracht werden können. Die Rechnungsresultate nach beiden Hypothesen unterscheiden sich voneinander weniger als beide von der Beobachtung.

Hieraus ist zu schließen, daß Momente ins Spiel kommen, die bei der Aufstellung der Hypothesen nicht in Rechnung gezogen wurden. Ich vermute, daß die Annahme beider Hypothesen, in der Mischung

¹ Tschermak's Mineral. petr. Mitt. Bd. 25. Tschermakheft.

kämen die unveränderten optischen Eigenschaften der Endglieder nach Maßgabe des Mischungsverhältnisses zur Geltung, unrichtig ist. Beim Zusammenkristallisieren von Albit und Anorthit müssen wegen der nicht vollständigen Übereinstimmung des Molekularvolums und der Krystallform mechanische Spannungen eintreten, die optische Deformationen bei beiden Endgliedern, und zwar je nach dem Mischungsverhältnis in verschiedenem Ausmaß bedingen. Und in diesen Spannungen ist der Grund der Abweichung zwischen Theorie und Erfahrung zu suchen.

Zum Zweck der Bestimmung genügt natürlich der empirisch festgestellte Verlauf der optischen Änderungen.

Aus den hier zusammengestellten Beobachtungsdaten wurden nun Bestimmungsdiagramme konstruiert. Ich glaube, daß sie nicht sehr stark mit Fehlern behaftet sind, namentlich in dem hier am meisten gebrauchten Abschnitt zwischen Albit und Andesin.

Jedenfalls aber stimmen die Diagramme untereinander überein, und wenn Fehler vorkommen, so wurden bei allen Bestimmungen dieselben Fehler begangen, wodurch die Vergleichbarkeit gesichert ist.

Die Diagramme beziehen sich:

1. Auf die Lichtbrechung.
2. Auf die Auslöschungsschiefe in bestimmten leicht auffindbaren Schnitten.
3. Auf die Winkel der Achsen und der Achsenebenen in Zwillingen.

1. Lichtbrechung.

Aus den im Anhang S. 44—55 mitgeteilten Daten ergibt sich folgende Tabelle der Brechungsexponenten:

	An%	α	β	γ	$\gamma - \alpha$
Albit	5	1·5285	1·5321	1·5387	0·0102
Oligoklas-Albit	13	1·5341	1·5381	1·5431	90
Oligoklas	20	1·5388	1·5428	1·5463	75
Oligoklas	25	1·5417	1·5458	1·5490	73
Labrador	52	1·5553	1·5583	1·5632	79
Bytownit	75	1·564	1·569	1·573	91
Anorthit	100	1·5756	1·5835	1·5885	129
ω					
Quarz		1·5442		1·5533	0·0091

Alle diese Brechungsexponenten gelten für Na-Licht.

Durch Vergleich mit Quarz lassen sich nach der Lichtbrechung folgende Gruppen von Plagioklasen unterscheiden. (Vergl. Fig. 1.)

	An%	Parallelstellung	Kreuzstellung
Albit und Oligoklas-Albit . .	0—16	$\alpha' < \omega$	$\gamma' < \varepsilon$
Saurer Oligoklas	16—22	$\alpha' < \omega$	$\gamma' < \varepsilon$
Basischer Oligoklas	22—30	$\alpha' = \omega$	$\gamma' < \varepsilon$
Saurer Andesin	30—41	$\alpha' > \omega$	$\gamma' = \varepsilon$
Basischer Andesin	41—48	$\alpha' > \omega$	$\gamma' > \varepsilon$
Labrador-Anorthit	48—100	$\alpha' > \omega$	$\gamma' > \varepsilon$

Nachdrücklich sei noch auf den Gang der Doppelbrechung hingewiesen. Zwar sind die Unterschiede nicht groß, namentlich nicht von der Art, daß sie zu einer exakten Bestimmung der Plagioklasmischung verwendbar wären. Aber einem geübten Beobachter kann es nicht entgehen, daß die Doppelbrechung beider Endglieder größer ist als die der mittleren Mischungen. Das Minimum dürfte auf den Andesin fallen.

Dieses Verhältnis, das von der Theorie gefordert wird, ist nicht in allen Bestimmungstabellen gebührend berücksichtigt.

2. Auslöschungsrichtungen bestimmter Schnitte.

Für Dünnschliffbeobachtungen kommen vornehmlich in Betracht:

Schnitte senkrecht auf die Mittellinien (Fouqué).

Ferner Schnitte senkrecht auf M und P oder auf die krystallographische Achse a .

Schnitte senkrecht zu β sind nicht leicht zu kontrollieren, geben außerdem keine beträchtliche Variation.

Schnitte parallel M sind zwar durch die verschwindenden Lamellen nach dem Albitgesetz charakterisiert, sind aber in krystallinen Schiefern nicht so leicht zu finden, namentlich auch, weil die aus-

Fig. 1.

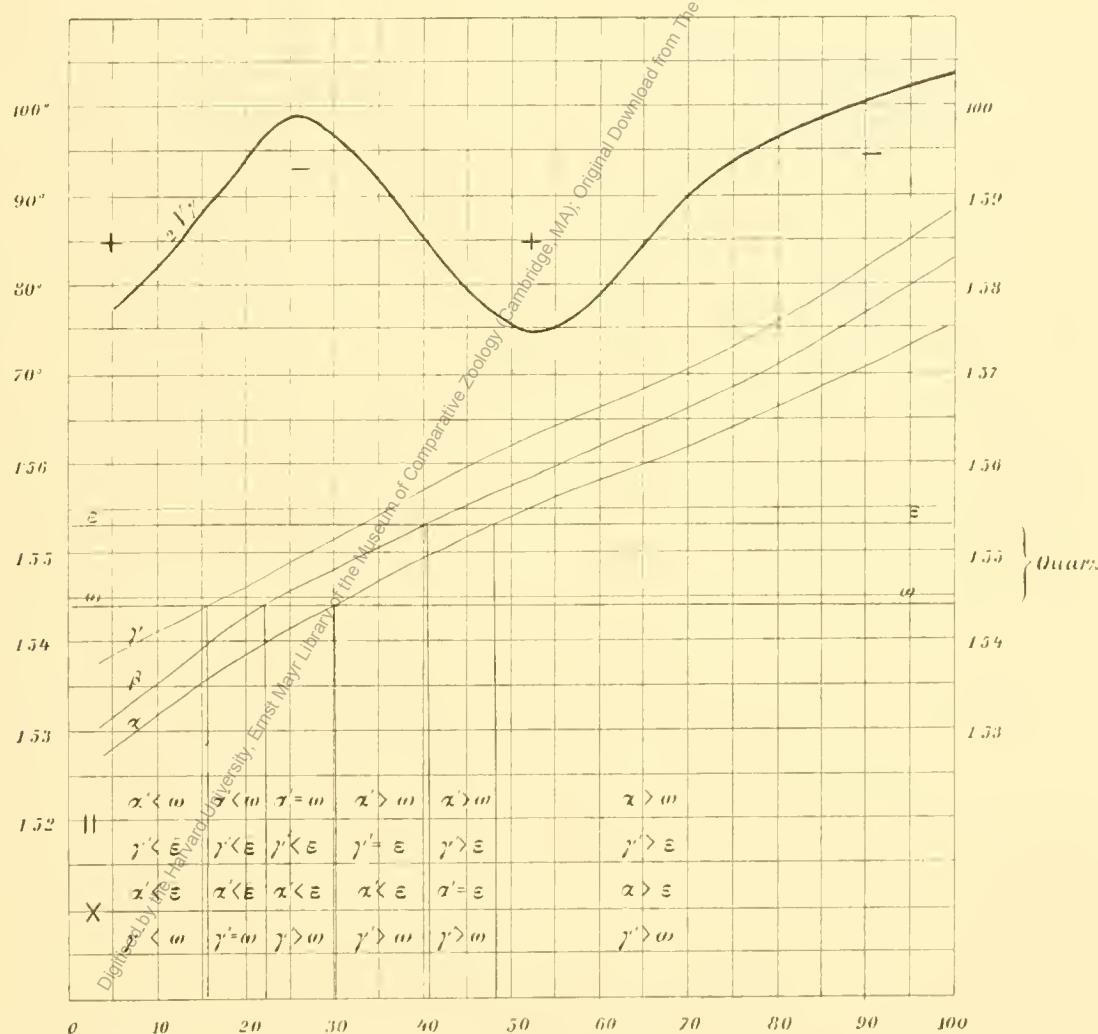


Diagramm der Brechungsexponenten und des wahren Achsenwinkels der Plagioklase.

geprägte Zonenstruktur fehlt, die in den Erstarrungsgesteinen die M -Schnitte leicht auffinden läßt. Schnitte nach P sind in Dünnschliffen nicht erkennbar. In der Tabelle sind gleichwohl die Auslöschungsschießen auf P angeführt, um die Beziehung zu den Feststellungen Max Schusters festzuhalten.

Alle Angaben und Beobachtungen beziehen sich, wofern nichts anderes ausdrücklich angegeben ist, auf die Richtung α' und werden, wo es angeht, gerechnet von der Spur von M . Die Zeichen + und — sind im Sinne von Max Schuster zu verstehen (+ im Uhrzeigersinn, — entgegengesetzt). Die Schnittrichtung, für welche diese Festsetzung Geltung hat, ist in den einzelnen Abschnitten angegeben.

Schnitte α und α' . (Fig. 2, S. 10.)

Von allen diesen Schnittrichtungen sind Schnitte senkrecht zur krystallographischen Achse a am leichtesten aufzufinden: Scharfe Zeichnung der Zwillingslamellen nach dem Albitgesetz, symmetrische Auslöschung der beiden Scharen von Zwillingslamellen, daher gleiche Beleuchtung bei Normal- und Diagonalstellung der Zwillingsgrenzen, welche überdies in der genauen Diagonalstellung völlig verschwinden — haben diese Schnitte mit allen Schnitten senkrecht M gemeinsam. Dazu kommen nun aber noch: die scharfen Risse nach der Fläche P , eventuell parallel mit diesen die gleichfalls scharf gezeichneten Zwillingslamellen nach dem Periklingesetz. Spaltrisse und Periklinlamellen machen mit der Trace von M Winkel von $86\frac{1}{2}^\circ$. Bei richtiger Schnittlage dürfen sich die Bilder der Spaltrisse nach P beim Heben und Senken des Tubus nicht verschieben, und die Auslösungen der Albitzwillingslamellen müssen genau symmetrisch sein.

Zu dieser leichten Erkennbarkeit und Kontrollierbarkeit kommt nun weiter noch als günstiger Umstand, daß die Auslöschungsschärfen im Schnitt α sich von Albit bis Labrador von -15 bis $+30$, das ist fast einen Grad für ein Prozent Anorthitgehalt ändern, daß die Auslöschungsschärfen relativ unempfindlich gegen Orientierungsfehler ist und der Sinn der Auslöschungsschärfen leicht festgestellt werden kann.

Vom Albit bis zum Oligoklas mit 21% Anorthit liegt die nach α' genommene Auslöschungsschärfen im stumpfen Winkel der Spuren von M und P , und die Auslöschungsrichtung weicht im Schnitt senkrecht zum negativen (hinteren oberen) Ast der α' -Achse gegen den Uhrzeigersinn von der Spur von M ab. In den anorthitreichenen Mischungen liegt die Auslöschungsrichtung nach der entgegengesetzten Richtung abweichend im spitzen Winkel MP .

Für die anorthitreichenen Mischungen ist diese Schnittrichtung nicht sehr gut zu brauchen, da die Schärfen sich langsamer ändern.

Für das ganze erste Drittel der Plagioklasreihe fällt die Schnittrichtung α nahe zusammen mit der Richtung senkrecht zur Mittellinie α . Beim Albit beträgt der Unterschied der Auslöschungsschärfen in den beiden Schnitten nicht mehr als $1\frac{1}{2}^\circ$, wird dann kleiner und erst beim Andesin ist wieder ein merklicher Unterschied festzustellen. Weiterhin verliert der Schnitt senkrecht zur Mittellinie α sehr an Bestimmungswert, da die Änderung der Schärfen mit steigendem Anorthitgehalt sehr abnimmt, zum Schluß sogar rückläufig wird.

Einige Schwierigkeiten entstehen bei der Aufsuchung und Deutung dieser Schnitte durch die Zwillingslamellen nach dem Periklingesetz. Nicht selten kommen Albit- und Periklinlamellen gleichzeitig vor. Dann kann beim ersten Anblick der Schnitte α Zweifel entstehen, welches von beiden Lamellensystemen dem Albitgesetz (Spur M), welches dem Periklingesetz (Spur P) entspricht. Für die hier vornehmlich in Betracht kommenden albitreichenen Plagioklase gilt die Regel, daß die Auslöschungsrichtung α' mit der Spur von M den kleineren Winkel einschließt und daß die im Interferenzbild erkennbare Achsenfläche im Sinne der Spur von P und der Periklinlamellen verläuft.

In nicht gerade seltenen Fällen treten in krystallinen Schiefern die Zwillingslamellen nach dem Periklingesetz häufiger auf als die nach dem Albitgesetz, ja letztere fehlen bisweilen völlig. Dann sieht man im Konoskop die Achsenflächen beiläufig parallel den Zwillingslamellen verlaufen und die Richtung γ' macht mit den Lamellen den kleineren Winkel. Die Schnitte senkrecht zu α sind dann nicht mehr an der scharfen Zeichnung der Zwillingslamellen zu erkennen, denn diese findet sich in allen Schnitten senkrecht zum rhombischen Schnitt.

Bisweilen kann man die Schnittrichtung senkrecht zu M an Spaltrissen nach M (selten deutlich!) oder an ganz vereinzelten sehr feinen, oft kurzen Lamellen nach dem Albitgesetz erkennen. In solchen Fällen kann man die gezeichnete Kurve für α verwenden, indem man die Periklinlamellen zum Ausgangspunkt nimmt und statt der Auslöschungsrichtung α' die Auslöschungsrichtung γ' einstellt. Es ist ferner, um die Kurve α

zu verwenden, in der Reihe von Albit bis Oligoklas von der gemessenen Auslöschungsschiefe der Winkel $3\frac{1}{2}^\circ$ abzuziehen, in der Reihe Oligoklas-Labrador hinzuzuaddieren.

Um das zu erleichtern, ist im Diagramm (Fig. 2) $3\frac{1}{2}^\circ$ unter der 0-Linie eine punktierte Linie gezogen und mit *PL* (Periklinlamellen) bezeichnet. Die Anzahl Grade zwischen *PL* und der Kurve *a* gibt die Auslöschungsschiefe γ' gegen die Periklinlamellen im Schnitt *a*.

Wegen des nahen Zusammenfalls der Schnitte senkrecht zu *a* und senkrecht zur Mittellinie *z* ist es erlaubt, in der Reihe vom Albit bis zum Andesin auch konoskopisch festgestellte Schnitte *z* nach dieser Kurve zu behandeln.

Beim Labrador findet sich aber bereits eine merkliche Abweichung. Um nun auch in dieser Abteilung Schnitte senkrecht zu *z* mit ausschließlicher Ausbildung von Periklinlamellen bestimmen zu können, ist in das Diagramm eine weitere Kurve eingetragen, welche den Winkel angibt, welchen die Spur der Periklinlamellen mit einer Richtung senkrecht zu *M* im Schnitt senkrecht zur Mittellinie *z* einschließen.

Die Kurve ist bezeichnet: Spur *σ* im Schnitt *z*. Die Anzahl Grade zwischen dieser Kurve und der Kurve *z* entspricht dem Winkel zwischen der Auslöschungsschiefe γ' und den Periklinlamellen in Schnitten senkrecht zur Mittellinie *z*.

Zur Konstruktion dieser Kurve war die Berücksichtigung der Lage des rhombischen Schnittes erforderlich. Fußend auf den Beobachtungen, welche M. Schuster für den Winkel *σ* zwischen der Trace von *P* und der des rhombischen Schnittes zusammengestellt hat, lassen sich für den Winkel *σ* folgende Werte aufstellen:

	An%	σ
Albit	5	+ 13°
Oligoklas-Albit	13	+ 5
Oligoklas	20	+ 4
Oligoklas	25	+ 4
Andesin	37	0
Labrador	52	- 2
Labrador	63	- 5
Bytownit	75	- 9
Anorthit	100	- 18

Zur Orientierung des rhombischen Schnittes ist außerdem erforderlich die Position von *P*. Da angenommen wird, daß die Vertikalachse (die Prismenzone) bei den Plagioklasen streng parallel bleibt, kann die Lage von *P* in üblicher Weise durch λ und φ festgelegt werden.

Folgende Winkel dürften sich von der Wahrheit nicht weit entfernen und jedenfalls für den Grad von Genauigkeit genügen, der bei Anwendung der stereographischen Netze erreichbar ist.

	An	λ	φ
Albit	5	— $26\frac{3}{4}^\circ$	+ $3\frac{1}{2}^\circ$
Oligoklas-Albit	13	— $26\frac{1}{2}^\circ$	+ $3\frac{1}{2}^\circ$
Oligoklas	20	— $26\frac{1}{2}^\circ$	+ $3\frac{3}{4}^\circ$
Oligoklas	25	— $26\frac{1}{2}^\circ$	+ $3\frac{3}{4}^\circ$
Andesin	37	— $26\frac{1}{2}^\circ$	+ $3\frac{3}{4}^\circ$
Labrador	52	— $26\frac{1}{2}^\circ$	+ $3\frac{3}{4}^\circ$
Labrador	63	— $26\frac{1}{2}^\circ$	+ $3\frac{3}{4}^\circ$
Bytownit	75	— 26	+ 4
Anorthit	100	— 26	+ 4

Schnitte γ . (Fig. 2.)

Schnitte senkrecht zu γ sind weniger leicht aufzufinden. In der albitreichereren Hälfte fallen sie fast mit der M -Fläche zusammen, die Zwillingsgrenzen der Albitlamellen sind daher verwaschen. Die charakteristischen Zonenpolygone der Erstarrungsplagioklase fehlen in den krystallinischen Schiefern; die schräge

Fig. 2.

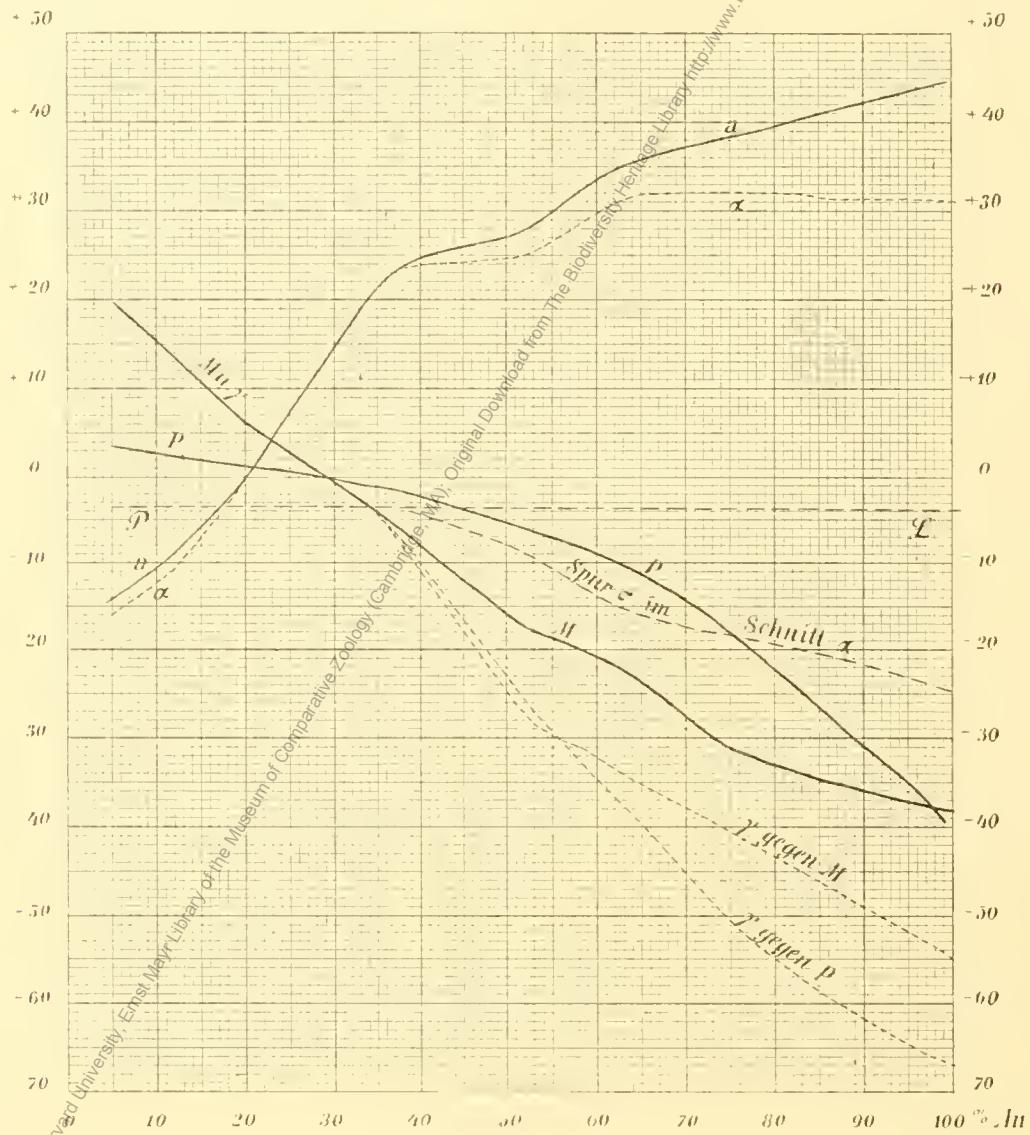


Diagramm der Auslöschungsschäfen der Plagioklase in bestimmten Schnitten.

Durchsetzung der Lamellen nach dem Albitgesetz stört die optischen Erscheinungen. Überdies sind Orientierungsfehler hier von größerem Einfluß auf die Auslöschungsschäfen.

Im Schnitt γ muß die Auslöschungsschäfe gegen die Trace von P genommen werden (weniger gut gegen Periklinzwillingslamellen). Nur bei den anorthitreichereren Mischungen läßt sich auch die Zwillingslamellierung nach M verwenden.

In dem albitreichereren Drittel der Plagioklasreihe fällt die Auslöschungsschäfe im Schnitt senkrecht zu γ fast zusammen mit der Auslöschungsschäfe auf M .

Tabelle

der Auslöschungsschiefen der Plagioklase. (Vergl. Fig. 2.)

 $M = 010$, $P = 001$, a = krystallographische Achse $\perp a = \perp M$ und P ,

○ = Spur der Periklinlamellen = rhombischer Schnitt.

An %		S c h n i t t						
		M	+ P	— a	— α'	— γ'	— γ	
		Auslöschungsrichtung						
		α'	α'	α'	α'	γ'	α'	α'
bezogen auf:								
		P	M	M	M	○	P	M
Abit	5	+ 19°8	+ 3°2	— 14°	— 15°5	— 11°5	+ 20°	.
Oligoklas-Albit	13	+ 13	+ 2	— 0°5	— 9°5	— 6	+ 12	.
Oligoklas	20	+ 6	+ 1	— 0°5	— 0°5	+ 3	+ 6	.
Oligoklas	25	+ 3	+ 0°7	+ 7	+ 7	+ 10°5	+ 2°5	.
Andesin	37	— 5°5	— 1°6	+ 23	+ 23	+ 27	— 6°5	— 7°
Labrador	52	— 17°2	— 6	+ 27°7	+ 25	+ 34	— 26	— 27°5
Labrador	63	— 22	— 1°8	+ 35	+ 31	+ 46	— 37°5	— 34
Bytownit	75	— 31	— 1°8	+ 38	+ 32	+ 50	— 50	— 40°5
Anorthit	100	— 38	— 40	+ 45	+ 31	+ 55°5	— 67	— 55

Schnitte in Zonen.

Die von M. Lévy eingeführte Methode der Aufsuchung des Maximums der symmetrischen Auslöschungsschiefe in Schnitten $\perp M$, sowie die Methode der Doppelzwillinge nach Albit- und Karlsbader Gesetz kam gelegentlich zur Anwendung. Die letztere ist in ihrer Anwendbarkeit bei krystallinen Schiefern dadurch beschränkt, daß Doppelzwillinge nicht eben häufig auftreten. Einigermaßen regelmäßig findet man sie in ehemaligen Erstarrungsgesteinen.

Die Methode der konjugierten Auslöschungsschäfen ist von M. Lévy zu einer sehr bequemen Bestimmungstafel verarbeitet worden. Diese Tafel stimmt mit meinen empirischen Kurven nicht völlig überein, namentlich wenn man die Beziehung zum Mischungsverhältnis von Albit und Anorthit in Betracht zieht. Wenn man sich aber mit angeneherten Bestimmungen zufrieden geben will, kann man die Tabelle von M. Lévy mit großem Vorteil benützen.

Andere Zonen als die senkrecht zu (010) kommen bei den Plagioklasen der krystallinen Schiefer nicht in Betracht.

Um Wiederholungen zu vermeiden, werden hier folgende Symbole festgesetzt, die zur Angabe von Auslösungsrichtungen Verwendung finden:

1. Auslösungsrichtung α' gegen Trace M im Schnitt senkrecht zu M und P wird bezeichnet: $a, a + 6^\circ$ heißt also: die nach α' genommene Auslösungsrichtung bildet im Schnitt senkrecht auf M und P 6° mit M im spitzen Winkel MP .

2. Auslöschungsrichtung α' gegen Trace M im Schnitt senkrecht zur Mittellinie α heißt α ; + und — haben dieselbe Bedeutung wie früher.

3. Auslöschungsrichtung α' gegen die Trace von P im Schnitt senkrecht zur Mittellinie γ heißt γ ; + und — haben dieselbe Bedeutung wie bei Max Schuster.

4. Die Auslöschungsrückrichtung γ' gegen die Trace der Periklinlamellen im Schnitt senkrecht zu M und P heißt α_π , im Schnitt senkrecht zu α heißt α_π .

5. Auslöschungsrichtungen genommen nach α' in Doppelzwillingen nach dem Karlsbader und Albitgesetz werden bezeichnet 1. 1', 2, 2' in der von M. Lévy vorgeschlagenen Art. 1, 1' bedeutet immer die größeren Auslöschungsschäifen.

3. Bestimmung der Plagioklase mittels der Interferenzbilder von Zwillingen.

Die Benützung solcher Winkel geht auf v. Fedorow zurück, der zuerst bemerkte, daß die optischen Achsen B der anorthitreichen Plagioklasmischungen in Albitzwillingen nahe zusammenfallen. v. Fedorow hat auch schon das Zusammenfallen der ungleichen optischen Achsen bei Albitzwillingen von Oligoklas gekannt und darauf eine Bestimmungskurve begründet.¹

Von mir wurde die Benützung der Interferenzbilder anorthitreicher Plagioklase in Schnitten ungefähr senkrecht zum aufrechten Prisma an Albit- und Karlsbader Zwillingen zum Gegenstand einer besonderen Studie gemacht.²

In dieser Arbeit wurde auch das Prinzip einer neuen Methode angegeben, um die in einem Gesichtsfeld sichtbare optische Achse nach Azimut und Zentraldistanz zu fixieren. Die anfänglich sehr umständliche Operation wurde durch Verwendung eines drehbaren Zeichentisches und der Camera lucida (Vergl. Teil II dieser Arbeit) wesentlich vereinfacht und hat sich seither bei vielfachem Gebrauch sehr gut bewährt. Hauptvorteile sind: leichte Erkennbarkeit der Schnitte mit Achsenaustritt durch die niederen graublauen Interferenzfarben; Unabhängigkeit des Resultates von der speziellen Schnittrichtung; starke Änderung gewisser Achsenabstände mit dem Mischungsverhältnis; endlich die Möglichkeit einer Menge von Nebenbeobachtungen, wie Charakter der Doppelbrechung, Orientierung der Achsenebenen des Zwillings gegeneinander, Art der Durchkreuzung der in die Projektion oder in das Gesichtsfeld eingetragenen Spuren der Achsenebenen u. s. w.

Zweckmäßig erscheint namentlich die Eintragung der Achsenebene im Gesichtsfeld. In der Normalstellung, wenn also die Achsenbarre mit einem Nikolhauptschnitt parallel steht, gibt sie die Lage der Achsenebene.

Ist der Winkel der optischen Achsen $2V$ von 90° merklich verschieden, so hat man nur auf die gerade Streckung des Achsenbalkens zu achten. Sie liefert ein erträglich genaues Kennzeichen der Normalstellung. Ist aber $2V$ nahe an 90° , so erscheint der Achsenbalken in jeder Stellung gerade und man muß im Gesichtsfeld des Konoskops den Nikolhauptschnitt markieren.

Bei der Verwendung von Camera lucida und Zeichentisch wird das folgendermaßen erreicht, wenn Genauigkeit erforderlich wird. Man bringt das Fadenkreuzokular in den Tubus und befestigt auf dem Zeichentisch ein Kartonblättchen, auf dem mit einem Pastellstift eine Schar paralleler Linien gezogen wurden. Durch Drehen des Zeichentisches wird diese Linienschar mit einem der Kreuzfäden und dadurch mit einem der Nikolhauptschnitte parallel gestellt. Nun kann das Okular entfernt und das Interferenzbild

¹ v. Fedorow, Tschermak's Min. petr. Mitt., XII, p. 441, 1891. — Zeitschr. f. Kryst., 22, p. 259 ff. 1894.

² Tschermak's Min. petr. Mitt., XIV, p. 415, 1894.

eingestellt werden. Durch Drehen des Objekttisches wird nun die Achsenbarre parallel zu den Linien eingestellt. Dies kann mit ziemlich großer Genauigkeit geschehen: die Präzision der Einstellung kommt ungefähr der einer Einstellung auf Dunkelheit im Orthoskop gleich. Sie wird allerdings wesentlich gemindert, wenn die Achsenbarre in der Nähe des Randes des Gesichtsfeldes liegt.

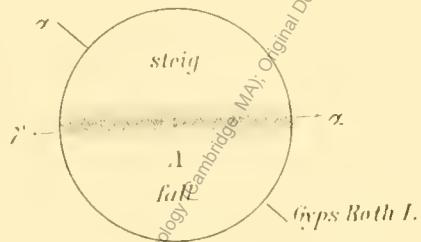
Handelt es sich um bloße Orientierung, so genügt die Einstellung in die Sagittal oder Transversalebene des Mikroskops nach dem Augenmaß.

Liest man in dieser Normalstellung die Teilung des Objekttisches ab, so ist damit das Azimut der Achsenebene entsprechenden Großkreises gegenüber jener krystallographischen Richtung gegeben, die als Ausgangsrichtung für das Azimut gewählt wurde.

Durch Übertragung auf das Zeichenblatt wird diese Richtung nun auch stereographisch festgelegt.

Es empfiehlt sich in diesem Fall, auch noch die Richtungen zu markieren, in denen innerhalb der Achsenebene α und γ , die beiden Mittellinien liegen. Dies geschieht so: Man habe den Achsenbalken transversal eingestellt. Nun schaltet man ein Gipsblättchen in Regelstellung ein. Steigt die Interferenzfarbe ober, sinkt sie unter der Achsenbarre, so liegt Mittellinie α rechts, γ links; und ebenso umgekehrt (Vergl. Fig. 3.)

Fig. 3.



Bestimmung der Lage von α und γ gegen eine im Gesichtsfeld sichtbare Achse, deren Pol in A liegt. Nach Einstellung des Achsenbarrens in die transversale Normalstellung und Einschaltung eines Gipsblättchens mit Rot 1. Ordnung in Regelstellung zeigt sich oberhalb der Achse steigende, unterhalb fallende Farbe, wenn rechts α , links γ liegt.

Wiederholt man dieselbe Beobachtung bei einer zweiten Zwillingslamelle, so gibt die Differenz der bezüglichen Ablesungen am Objekttisch die Winkel zwischen den Azimuten der beiderlei optischen Achsenebenen.

Derelbe Winkel wird von den auf dem Zeichenblättchen verzeichneten beiden Geraden eingeschlossen.

Findet die Durchkreuzung der beiden Achsenebenen in der Nähe der Mitte des Gesichtsfeldes statt, so ist der von den Achsenebenen selbst eingeschlossene Winkel von diesem Azimutwinkel nicht viel verschieden.

Findet die Durchkreuzung in der Nähe des Gesichtsfeldrandes statt oder außerhalb desselben, so lässt sich der Winkel der Achsenebenen durch Benützung des stereographischen Netzes ermitteln.

Man verzeichnet die Achsenebene auf dem Zeichenblatt in 2 um 180° verwendeten Stellungen des Zeichentischchens, misst den Abstand beider Geraden mit dem Millimetermaßstab und setzt ihn gleich $2 d$. Ist β der mittlere Brechungsindex des Plagioklasses α die Mallard'sche Konstante des Konoskops, so ergibt sich der Winkel φ zwischen dem Mittelpunkt des Gesichtsfeldes und dem Großkreis der Achsenebene aus: $d\alpha = \beta \sin \varphi$.

Hiemit hat man alle Daten um beide Achsenebenen in richtiger Orientierung in die stereographische Projektion einzutragen.

Gewöhnlich wird diese Bestimmung mit der Ermittlung der optischen Achse nach Azimut und Zentraldistanz verbunden. Trägt man auch diese ins Gesichtsfeld ein, so hat man eine wertvolle Kontrolle darin, daß der Großkreis der Achsenebene durch den Achsenpol gehen muß.

Das stereographische Netz läßt nun nach bekannten Methoden den Winkel konstruieren, unter dem sich die Achsenebenen kreuzen, auch dann, wenn die Kreuzung nicht im Gesichtsfeld stattfindet.

Die Eintragung von α und γ läßt dann auch darüber eine sichere Entscheidung zu, ob die Durchkreuzung zwischen der Achse und α oder zwischen der Achse und γ stattfindet.

Es ist nützlich aufmerksam zu machen, daß diese Beobachtungen keiner so großen Genauigkeit fähig sind, als etwa die Bestimmung der Position der Achse, und zwar namentlich dann nicht, wenn die Achse randlich liegt und die Achsenebene nur auf ein kurzes Stück am Rande des Gesichtsfeldes sichtbar wird. Die Hauptfehlerquelle liegt, abgesehen von den sonstigen Störungen, wie Doppelbrechung der Linsenränder u. s. w. namentlich in der elliptischen Polarisation, die bei stark exzentrischer Lage im konoskopischen Gesichtsfeld eintritt.

Wie die Betrachtung der Projektion (Tafel 1) lehrt, sind es hauptsächlich folgende Zwillingsachsenwinkel, die eine Bestimmung zulassen:

1. Der Winkel zweier ungleicher optischer Achsen in einem Albitzwilling: AB' .
2. Der Winkel zweier ungleicher optischer Achsen im Periklinzwilling: AB_π .
3. Der Winkel B_1B_2 zwischen den optischen Achsen B eines Karlsbaderzwillings. Der Winkel der optischen Achsen A_1A_2 ändert sich nur zwischen Oligoklas und Andesin, dann zwischen Labrador und Bytownit merklich, bietet aber sonst bemerkenswerte Erscheinungen.

Diese drei Zwillingswinkel haben insbesondere für albitreiche Plagioklasmischungen Bedeutung. Für die anorthitreichen sind von Belang:

4. Die Winkel zwischen den optischen Achsen B eines Albitzwillings: BB' .
5. Die Winkel zwischen den optischen Achsen B zweier gleichzeitig nach Albit- und Karlsbadergesetz verzwillingten Individuen $B'_1B'_2$.

Die letzten beiden Zwillingswinkel wurden von mir schon früher l. c. ausführlich behandelt. (Vergl. Fig. 4.)

i. Der Winkel AB' .

Dieser Winkel ist für die üblichen Mikroskopobjektive meßbar von Albit bis Andesin. Beim Labrador überschreitet er die Grenze der Meßbarkeit.

Schnitte, in welchen man diesen Winkel messen kann, sind leicht zu erkennen: Niedere Interferenzfarben und verwäschene Zeichnung der Zwillingslamellen nach dem Albitgesetz sind die maßgebenden Kennzeichen; ferner bei genügend dünnen Schliffen feine Spaltrisse nach P , welche mit der Spur von M Winkel um 70° einschließen und in beiden Individuen fast gleich orientiert sind. (Vergl. die Abbild. 10, 11, 12 auf Taf. 1, Fig. 16, Taf. 2).

Hat man sich von dem Vorhandensein eines Durchschnittes dieser Art überzeugt, so benutzt man die Camera lucida mit drehbarem Zeichentisch und überträgt zuerst die Achse des einen, dann nach Parallelverschiebung die des anderen Individuums auf das Zeichenblatt. Aus der linearen Distanz ergibt sich nach Teil 2, p. 37 [91], durch Konstruktion oder angenähert aus der ebenda erwähnten Kurve der Winkel AB' .

Zweckmäßig ist es, die erste Übertragung des Achsenbalkens in Normalstellung vorzunehmen und mit dem Gipsblättchen die Orientierung von α und γ zu notieren. Man überzeugt sich, daß die Achsenebenen gegen α hin konvergieren.

Nach der p. 13 erwähnten Methode läßt sich auch der Winkel konstruieren, den die Achsenebenen am Kreuzungspunkt in der Nähe von α miteinander einschließen.

Der Winkel AB' beträgt 24° beim Albit, sinkt auf 2° bei Oligoklas von 20% An und steigt von da an anfangs rascher, später langsamer; beim Labrador überschreitet er die Grenze der praktischen Meßbarkeit. (Vergl. Kurve AB' , Fig. 4.)

Bei der Benützung dieser Kurve kann Unsicherheit eintreten bezüglich der zwischen Albit und Oligoklas einerseits, zwischen Oligoklas und Andesin anderseits liegenden Glieder. Diese Unsicherheit schwindet für größere Werte AB' bei Berücksichtigung der Lichtbrechung im Vergleich mit Quarz oder Canadabalsam. Vor der Hand bleiben etwas unsicher die Plagioklase mit kleinen Werten von AB' . Aber auch hier kann die Unsicherheit durch Kombination mit anderen Beobachtungen behoben, und eine sehr scharfe Bestimmung erreicht werden.

Die Unterscheidung der Achsen A und B ist zwar für die Bestimmung des Plagioklases nicht unumgänglich nötig, aber doch bisweilen erwünscht. Man gelangt dazu, wenn der Plagioklas Zonenstruktur zeigt. Da die Achse B bedeutend rascher wandert als die Achse A , wird jenes Individuum, das die Achse B austreten läßt, in seinen verschiedenen Zonen sehr merkliche Verschiedenheit der Höhe der Interferenzfarbe zeigen. Ein Durchschnitt mit dem Austritt der Achse A zeigt in allen Zonen ähnliche niedere Interferenzfarben. In Fig. 16, Taf. 2, zeigt die linke Hälfte Austritt von B , die rechte Austritt von A .

Kann man in mehreren Zonen die Achsen im Gesichtsfeld eintragen, so beobachtet man unmittelbar eine stärkere Verschiebung der B -Achse. Ferner verschieben sich, wenn B austritt, die Achsenebenen nahezu parallel zu sich selbst, während Schnitte mit dem Achsenaustritt A eine geringe Verschiebung der Achse, aber eine starke Drehung der Achsenebene verraten.

Die Unterschiede in der Dispersion sind in Dünnschliffen gewöhnlich nicht deutlich genug wahrzunehmen, als daß sich hiedurch A und B unterscheiden ließen.

2. Der Winkel $AB\pi$.

So wie durch die Zwillingsverwachsung nach M , kommen auch durch Zwillingsbildung nach der b -Achse (Periklingesetz) die ungleichen Achsen der beiden Individuen in ähnliche Lage. Wir bezeichnen den betreffenden Winkel mit AB_π .

Schnitte, welche diesen Winkel messen lassen, sind gleichfalls durch niedere Interferenzfarben beider Individuen kenntlich, unterscheiden sich aber von den Schnitten AB' dadurch, daß die Zwillingsgrenzen scharf gezeichnet erscheinen und beiläufig der Achsenebene und nahezu den Spaltrissen nach P parallel laufen. Während der Winkel AB' bei einer größeren Zahl von chemisch bekannten Plagioklasen direkt gemessen wurde, ist dies nur bei wenigen Beispielen bezüglich des Winkels AB_π möglich gewesen.

Ist aber die Orientierung der Achsen A und B eines Plagioklases gegeben, so läßt sich sehr leicht die Orientierung der Achsen des Periklinzwillings konstruieren. Man hat nur die Orientierung der krystallographischen b -Achse zu suchen. Um diese in die Projektion einzutragen, genügt die Kenntnis der Lage des rhombischen Schnittes σ und der Fläche P . (Vergl. oben p. 9.)

Unter Benützung dieser Daten wurde in den Projektionen die Orientierung der Achsen des Periklinzwillings so konstruiert, daß die Bögen Ab , Bb gezogen und über b hinaus um ihre eigene Länge verlängert wurden; so erhält man die Lage der Achsen A_π und B_π und kann nun in der Projektion den Winkel AB_π ausmessen.

Man bemerkt, daß AB_π zwischen Albit und Oligoklas kleiner, zwischen Oligoklas und Andesin größer ist als AB' . Auch dieser Winkel geht durch ein Minimum, das zwischen $An\% 17$ und 18 liegt und nicht ganz so klein ist wie das Minimum von AB' . Kann man, was nicht selten vorkommt, in einem

Durchschnitt oder in mehreren desselben Gesteins AB' und AB_γ messen, so erhält man eine durchaus scharfe und unzweideutige Bestimmung des Plagioklases.

Auch die Achsenebenen der Periklinzwillinge konvergieren in der Richtung gegen α und schneiden sich unweit dieser Mittellinie. Die Winkel sind etwas andere als beim Albitzwillling, haben aber einen ähnlichen Gang. (Vergl. Fig. 5, Seite 20, Winkel der Achsenebenen von Zwillingen.)

3. Winkel B_1B_2 und A_1A_2 .

Bei Karlsbader Zwillingen kommen die gleichartigen Achsen A bei allen Plagioklasen in solche Situation, daß ihr Winkel in günstigen Fällen bestimmt werden kann. Doch gestattet der Winkel A_1A_2 nur in beschränkten Bereichen die Bestimmung des Mischungsverhältnisses.

Stets sind es Schnitte der Prismenzone, in denen dieser Winkel gemessen werden kann. Von den Schnitten AB' unterscheiden sie sich dadurch, daß die Spaltisse nach P in den beiden Individuen stark verschiedene Lage haben. Vom Albit aus erhält sich A_1A_2 lange auf ungefähr konstanter Höhe und übertrifft AB' beträchtlich. Von 25% An angefangen sinkt dann der Wert rasch auf die Hälfte, um sich dann von 37 bis gegen 65% wieder nahe konstant zu halten. Dann erfolgt wieder rasches Ansteigen bis etwa 75%; zwischen Bytownit und Anorthit ändert sich A_1A_2 wenig.

Besser als der Winkelwert A_1A_2 verhält sich der Winkel der Achsenebenen. (Vergl. Fig. 5.)

Beim Albit schneiden sich die Achsenebenen zwischen α und B . In der Nähe der Achse A erscheinen daher die Achsenbalken bei richtiger Einzeichnung ins Gesichtsfeld nahezu parallel.

Der Kreuzungspunkt verschiebt sich aber sehr rasch in der Richtung gegen γ . Bei etwa 11% An liegt der Kreuzungspunkt bei der Achse B , bei 21% in der Mittellinie γ , und nun nimmt der Winkel der Achsenebenen stark und stetig zu. Bei Andesin liegt der Kreuzungspunkt schon so nahe bei A_1 und A_2 , daß man ihn nebst den beiden Achsen leicht ins Gesichtsfeld bekommt und die Achsenebenen stehen fast senkrecht aufeinander. In diesem Stadium macht sich bei nicht allzu dünnen Schliffen die Dispersion bemerkbar.

Der Winkel der Achsenebenen erreicht 180° bei 88% An, das heißt, die Ebene der optischen Achsen geht nun durch die Vertikalachse. Nun nimmt der Winkel der optischen Achsenebenen bis zum reinen Anorthit wieder nach der anderen Seite ab bis 167°.

Diese Änderungen können für den ganzen mittleren und anorthitreicherem Abschnitt der Plagioklasreihe sehr wohl zur Bestimmung verwendet werden.

Der Winkel B_1B_2 ändert sich sehr stark und bleibt in der Reihe von Albit bis Oligoklas meßbar. Weiterhin ist er zu groß, als daß man ihn messen könnte. Bei 11% An geht B_1B_2 durch 0 durch. Die Kombination mit AB' liefert in diesem Abschnitt sehr scharfe und unzweideutige Bestimmungen.

Bei den eigentlichen Oligoklasen ist A_1A_2 und B_1B_2 ungefähr gleich groß und die Unterscheidung dieser beiden Fälle nicht sicher.

B_1B_2 kommen nochmals in günstige Lage bei den anorthitreichen Mischungen. Es ist aber unzweckmäßig, den Winkel B_1B_2 selbst zur Bestimmung zu nehmen. Wie in der zitierten Arbeit angegeben, ist es besser, diesen Winkel mit der Spur von M zu kombinieren und aus der Orientierung von B_1B_2 gegen die Spur von M die Winkel BB' und B_1B_2' abzuleiten.

4. Winkel BB' .

Dieser Winkel ist von Bedeutung für anorthitreiche Mischungen; beim Labrador ist er noch zu groß, um meßbar zu werden. Er nimmt dann sehr regelmäßig ab, geht für An = 94% durch 0 durch und erreicht für reinen Anorthit jenseits 0 noch den Wert von 5—6°. Von Labrador bis 94% An kreuzen sich die Achsenebenen zwischen B und α , beim reinen Anorthit zwischen B und γ . Der Winkel, den die Achsenebenen einschließen, ändert sich in diesem Bereich nicht stark und beträgt zwischen 50 und 60°.

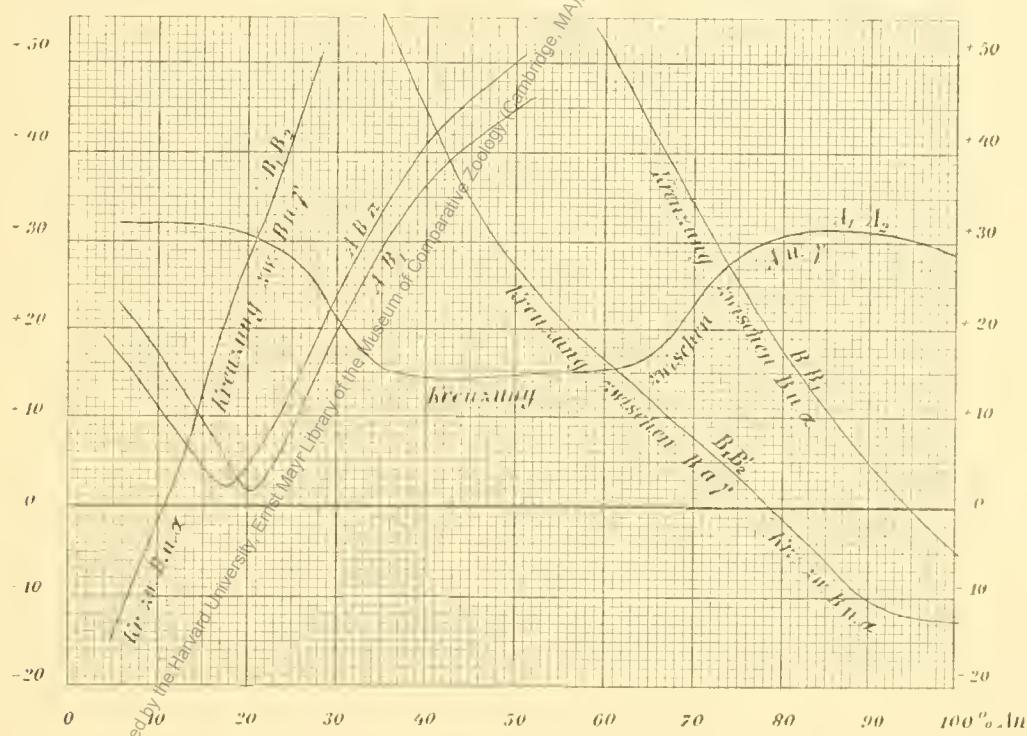
Es sind Schnitte ungefähr senkrecht zur Vertikalachse mit scharfer Zwillingslamellierung, welche diesen Achsenwinkel messen lassen. Der halbe Winkel BB' ist gleich dem Positionswinkel φ , und zwar + zu zählen, wenn sich die Achsenebenen zwischen B und α kreuzen, — wenn der Kreuzungspunkt zwischen B und γ liegt.

5. Winkel $B_1B'_2$.

Dieser Winkel kann häufig beobachtet werden bei Doppelzwillingen nach dem Albit- und Karlsbader Gesetz. Die Durchschnitte sehen in der Regel leistenförmig aus und dadurch unterscheiden sie sich von den mehr flächenhaften Schnitten für A_1A_2 .

Der Winkel $B_1B'_2$ hat noch beim Labrador eine solche Größe, daß es unwahrscheinlich wird, in einem Schnitt diese beiden Achsen messen zu können. Indem die Achse B an den die Vertikalachse c und den Pol von M verbindenden Meridian herantritt, wird $B_1B'_2$ rasch kleiner. Bei 79% An wird der Wert 0 erreicht. Bis dahin findet Kreuzung der Achsenebenen zwischen B und γ statt; von 79—100% An kreuzen sich die Achsenebenen zwischen B und α . Dabei erfährt der Winkel $B_1B'_2$ unter dem sich die Achsenebenen kreuzen, von 75% An an keine verwertbare Änderung und bewegt sich zwischen 50 und 60°. Im letzten Abschnitt ändert sich auch $B_1B'_2$ selbst nur wenig. Die Hälfte des Winkels $B_1B'_2$ ist gleich dem Positionswinkel λ und dieser ist positiv zu rechnen, wenn die Kreuzung der Achsenebenen zwischen B und γ erfolgt, negativ bei Kreuzung zwischen B und α .

Fig. 4.



Winkel zwischen den optischen Achsen von Plagioklaszwillingen.

AB_1 Winkel zwischen den ungleichen optischen Achsen eines Albitzwillings.

AB_π Winkel ungleicher Achsen beim Periklinzwillig.

BB_1 Winkel zwischen den Achsen B eines Albitzwillings im Schnitt ungefähr $\perp c$ meßbar.

A_1A_2 und B_1B_2 Winkel zwischen den optischen Achsen eines Karlsbader Zwillings in Schnitten der Prismenzone.

$B_1B'_2$ Winkel zwischen den Achsen B der Individuen 1 und 2' eines Doppelzwillings, in Schnitten ungefähr $\perp c$ meßbar.

Die folgenden Tabellen fassen die besprochenen Verhältnisse zusammen. Die Figur 4 gibt die entsprechenden Kurven.

Tabelle
der Winkel der optischen Achsen der Plagioklase in Zwillingen.

	An ^{0/0}	AB'	$AB\pi$	A_1A_2	B_1B_2	BB'	$B_1B'_2$	$2V_\gamma$
Albit	5	24°	18°	32°	14°5	.	.	78°
Oligoklas Albit	13	13	7°5	32	6	.	.	85½
Oligoklas	20	2	4°5	31	28½	.	.	94
Oligoklas	25	9	13	28	22	.	.	99
Andesin	37	32°5	37	15	73	.	56°	90
Labrador	52	46	52	15	.	70°	25	75
Labrador	63	.	.	16	.	47	14	82
Bytownit	75	.	.	28	.	25°4	3°6	94
Anorthit	100	5°2	12	104

Kreuzung der Achsenebenen.

Beobachtungen über den Verlauf der Achsenebenen in den zwillingsgemäß verbundenen Individuen der Plagioklaskristalle lassen sich leicht anstellen, indem man den Achsenbalken erst des einen, dann des zweiten Individuums in Normalstellung bringt und die zugehörige Einstellung des Objektisches abliest. (Vergl. p. 13.)

Der von den Spuren der Achsenebenen eingeschlossene Winkel, die Art der Durchkreuzung, die Lage des Durchkreuzungspunktes in der Nähe einer optischen Achse oder in der Nähe einer Mittellinie, die wieder α oder γ sein kann, alle diese Momente geben Anhaltspunkte, die für die optische Bestimmung von Wert sein können.

Kreuzung der Achsenebenen im Albitzwillig.

Die Achsenebenen kreuzen sich beim Albit unter einem Winkel von 149°, welcher von der Zwillingsspur halbiert wird. Bequemer ist es, das Supplement 30° zu benutzen. Der Winkel verkleinert sich, erreicht 0 bei einem Anorthitgehalt von 20½%; bei dieser Mischung steht die Ebene der optischen Achsen auf M senkrecht. Dann öffnet sich der Winkel wieder und wächst anfangs gleichmäßig, von etwa 40% An langsamer bis zu einem bei etwa 70% liegenden Maximum und nimmt dann wieder ab.

Im ersten Abschnitt erfolgt die Kreuzung in der Nähe der Mittellinie α . Bei 8% An, dann wieder bei 30% An fällt der Kreuzungspunkt mit α selbst zusammen. Zwischen 0 und 8% und über 30% erfolgt die Kreuzung zwischen α und Achse B , zwischen 8 und 30% zwischen α und Achse A . Doch ist die Abweichung der Mittellinie von der Ebene (010) so gering, daß sie im Mikrokonoskop bei Dünnschliffbeobachtungen kaum bemerkbar wird. Erst von 35% An angefangen wird die Abweichung merklicher und ist bei eigentlichen Andesinen auch im Dünnschliff schon gut zu konstatieren. Zwischen Labrador und Bytownit liegt der Kreuzungspunkt ungünstig für die Beobachtung zwischen α und B . Beim Bytownit nähert sich der Kreuzungspunkt mehr und mehr der Achse B und ist in den leicht auffindbaren Schnitten senkrecht B zu konstatieren. Bei 94% An fällt er mit der Achse B zusammen. Jenseits 94% liegt der Kreuzungspunkt zwischen B und α .

Kreuzung der Achsenebenen im Periklinzwilling.

Beim Periklinzwilling kreuzen sich die Ebenen der optischen Achsen unter ganz ähnlichen Verhältnissen. Nur wird hier der kleinere Winkel von der Spur der Verwachsungsebene halbiert, und die Winkel erfahren eine kleine Veränderung; ebenso werden die Punkte, wo der Kreuzungspunkt die Mittellinien α und die Achse B passiert, ein wenig verschoben. Der Winkel 0 zwischen den Achsenebenen entspricht jener Lage derselben, wo sie durch die Achse b geht. Dies entspricht einem Anorthitgehalt von $17\frac{1}{2}\%$. Die Mittellinie α wird passiert bei $6\frac{1}{2}$ und $28\frac{1}{2}\%$, die Achse B bei 90% An.

Über die Winkel gibt die Tabelle Auskunft.

Dividiert man die unter 11' stehenden Zahlen durch 2, so erhält man den Abstand der Normalen β von der Normalen von M oder den Winkel, den die Achsenebene mit 010 einschließt.

Die Zahlen unter 11^{π} geben durch 2 geteilt das Komplement des Abstandes zwischen β und der krysallographischen b -Achse.

Tabelle

Winkel der optischen Achsenebenen im Albitzwilling $11'$ und im Periklinzwillling $11''$. (Vergl. Fig. 5.)

Kreuzung der Achsenebenen im Karlsbaderzwilling.

Bei Albit und den nahe stehenden Plagioklasen kreuzen sich die Achsenebenen des Karlsbader Zwillingss in der Nähe der Achse B. Der Winkel ändert sich anfangs wenig; beim reinen Albit kreuzen sich die Achsenebenen zwischen B und Mittellinie α . Der Kreuzungspunkt rückt dann näher an B. Bei 11% An fällt der Kreuzungspunkt mit der B zusammen. (Achse B passiert die Prismenzone.) Von da an liegt der Kreuzungspunkt zwischen B und Mittellinie γ . Bei den Oligoklasen liegt der Kreuzungspunkt in der Nähe der Normalen von M; bei $20\frac{1}{2}\%$ An fällt er mit dieser, und bei 21% mit der Mittellinie γ zusammen.

Nun rückt der Kreuzungspunkt langsamer gegen die optische Achse A vor, und schon bei Andesinen kann man leicht beide Achsen A und den zwischen A und γ liegenden Kreuzungspunkt finden, da die Achsenschnitte senkrecht zu A mit ihren niederen Interferenzfarben leiten. Der Winkel der Achsenebenen wird nun stetig größer. Bei 88% An wird er gleich 180°. das heißt, die Ebene der optischen Achsen geht durch die krystallographische c -Achse. Bis zum Anorthit nimmt der Winkel dann noch weiter ab.

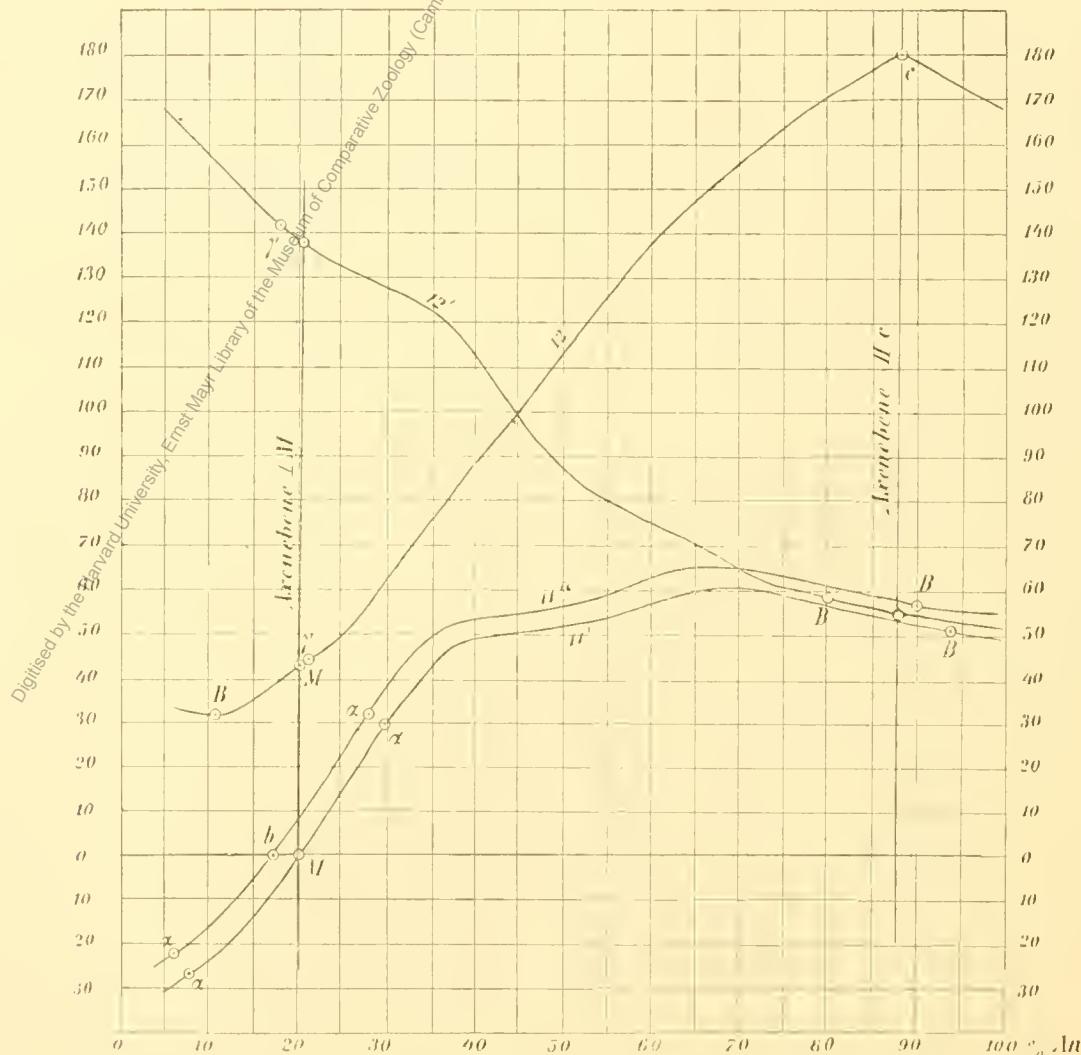
Für Plagioklase aus der Gegend des Labradors ist dieser Winkel zur Bestimmung wertvoll, da andere Bestimmungsstücke zumeist auslassen oder unzuverlässig werden.

Die folgende Tabelle vereinigt die Zahlen, die aus den Typendiagrammen abgeleitet wurden. Die Hälfte der angeführten Winkel entspricht dem Winkel zwischen der optischen Normale β und der Vertikalachse.

Tabelle
der Kreuzung der Achsenebenen im Karlsbader Zwilling 12 (Vergl. Fig. 5.)

	Ao ⁰ / ₀	Winkel der Achsen- ebenen im Karlsbader Zwilling 12	
Albit	5	34°	Kreuzung zwischen B und α in der Nähe von B ; Kreuzung in B bei 11 ⁰ / ₀ An.
Oligoklas-Albit	13	32	Kreuzung zwischen B und γ in der Nähe von B .
Oligoklas	20	42	» » » » » » » » γ .
Oligoklas	25	49	Kreuzung in γ bei 21 ⁰ / ₀ An.
Andesin	37	80	
Labrador	52	118	Kreuzung zwischen A und γ in der Nähe von A .
Labrador	63	142	Winkel der Achsenebenen = 180° bei 88 ⁰ / ₀ An.
Bytownit	75	164	
Anorthit	100	167	

Fig. 5.



Winkel der Achsenebenen bei Albitzwillingen (11'), Periklinzwillingen (11 π), Karlsbader Zwillingen (12) und Doppelzwillingen nach dem Karlsbader und Albitgesetz (12').

Kreuzung der Achsenebenen der Individuen 12' des Doppelzwillings.

Die Kreuzung der Achsenebenen 12' liegt anfangs in der Nähe der Mittellinie γ , welche bei 18% An passiert wird; bei 21% trifft der Kreuzungspunkt mit M zusammen. In diesem Teil der Plagioklasreihe sind Schnitte, in denen die Kreuzung beobachtet werden kann, nicht ganz leicht zu finden. Auch stören die Lamellen nach dem Albitgesetz in den betreffenden Schnittrichtungen die Konospischen Beobachtungen. Von 0 bis 18% An findet das Durchkreuzen statt zwischen γ und A , dann bis 80% zwischen γ und B .

Im mittleren Teil der Reihe nähert sich der Kreuzungspunkt der Achse B ; solche Schnitte sind leichter auffindbar und hier könnte der Winkel der Achsenebenen 12' auch zur Bestimmung dienen.

Weiterhin ist die Änderung gering; bei 80% An geht der Kreuzungspunkt durch B und fällt dann zwischen B und α .

Für die Bestimmung hat dieser Teil der Kurve keinen Wert.

Die Hälfte der Zahlen unter 12' entspricht dem Winkel zwischen dem Pol β und einem von M und c um 90° abstehenden Pol der Projektion.

Tabelle
der Kreuzung der Achsenebenen 12' des Doppelzwillings. (Vergl. Fig. 5.)

	An%	Winkel der Achsen-ebenen 12'	
Albit	5	167°	{ Kreuzung findet statt zwischen γ und A in der Nähe von γ . In γ bei 18% An.
Oligoklas-Albit	13	152	
Oligoklas	20	138	
Oligoklas	25	132	{ Kreuzung zwischen γ und B .
Andesin	37	119	
Labrador	52	92	
Labrador	63	72	{ Kreuzung zwischen γ und B in der Nähe von B . B wird passiert bei 80% An.
Bytownit	75	60	
Anorthit	100	51	Kreuzung zwischen B und α .

Interferenzbilder von Doppelzwillingen.

Die Doppelzwillinge von Plagioklasen nach dem Albit- und Karlsbadergesetz, denen insbesondere in den Erstarrungsgesteinen eine so große Verbreitung zukommt, liefern sehr charakteristische Erscheinungen, wenn die Interferenzbilder in geeigneten Schnitten in dasselbe Gesichtsfeld eingetragen werden. Solche Schnitte liefern insbesondere die anorthitreichen Mischungen senkrecht zur Vertikalachse und albitreiche Mischungen parallel zu den Prismenflächen.

Schnitte senkrecht zur Vertikalachse. Anorthitreiche Mischungen.

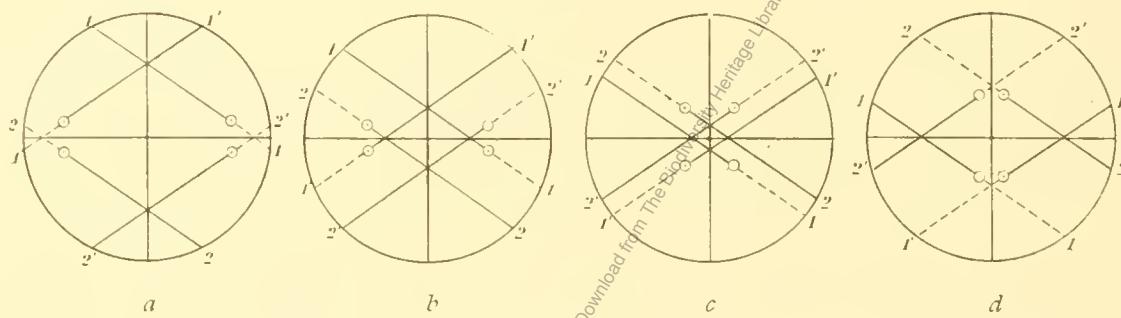
Die Verhältnisse solcher Schnitte wurden ausführlich dargelegt in Tschermak's min. petr. Mitt. 14. An der dort gegebenen Darstellung ist nichts Wesentliches zu ändern. Doch kann die Unterscheidung jener Abteilungen, die sich qualitativ also ohne Messung innerhalb der Reihe Labrador-Anorthit trennen lassen, einfacher und durchsichtiger gegeben werden.

Es sei ein Durchschnitt mit allen 4 Individuen gegeben, die den Doppelzwilling zusammensetzen. Wir tragen in dasselbe Gesichtsfeld die Achsenbalken in Normalstellung ein, bezeichnen die Achsenpunkte und die Orientierung der Mittellinien α und γ , und ermitteln die Spur von M .

Ohne daß wir vorher die Stellung der Individuen kennen, ohne also vorher eine Entscheidung zu treffen, welches die Achse von 1, 1', 2 und 2' sei, können wir zwischen den 4 Achsenpunkten und den zugehörigen Achsenebenen 2 Symmetrielinien ziehen, eine parallel der Spur von M : Medianlinie, eine senkrecht dazu: Transversallinie.

Unter Anwendung dieser Ausdrücke lassen sich die in den 4 Figuren 6 a, b, c, d dargestellten Fälle folgendermaßen beschreiben:

Fig. 6.



Projektion der Achsen B und der Achsenebenen in einem Schnitt senkrecht c bei anorthitreichen Plagioklasen. Die Ringeln bedeuten die Achsen, die schrägläufenden Linien die Achsenbarren in Normalstellung; ausgezogen der Abschnitt zwischen Achse B und Mittellinie α , gestrichelt der zwischen B und γ . Die fein punktierte Linie bedeutet die Achsenbahn des in Grundstellung befindlichen Individuums 1 für die Mischungsreihe von Labrador bis Anorthit. Der Kreis entspricht ungefähr dem Gesichtsfeld von Objektiv 7 von Fuess.

1. Fall. Anorthitgehalt kleiner als 79 %. φ und λ positiv. Die Achsenebenen schneiden sich auf der Transversallinie zwischen B und γ , auf der Medianlinie zwischen B und α . Fig. 6 a.

2. Fall. Die Achsenebenen schneiden sich auf beiden Symmetrielinien zwischen B und α . Den Achsen zunächst liegt der Schnittpunkt auf der Transversallinie. λ negativ, φ positiv, Anorthitgehalt zwischen 79 und 88 %. Fig. 6 b.

3. Fall. Die Achsenebenen schneiden sich auf beiden Symmetrielinien zwischen B und γ . Die den Achsen nächsten Schnittpunkte liegen auf der Medianlinie. φ und λ wie bei Fall 2, Anorthitgehalt zwischen 88 und 94 %. Fig. 6 c.

4. Fall. Die Achsenebenen schneiden sich zwischen B und γ auf der Medianlinie, zwischen B und α auf der Transversallinie. λ negativ, φ negativ, Anorthitgehalt größer als 94 %. Fig. 6 d.

Zwischen 1 und 2 liegt die Mischung mit 79 % An, für welche $B_1 B_2' = 0$; zwischen 2 und 3 liegt die Mischung 88 % An, für welche die Ebene der optischen Achsen durch die Vertikalachse geht; zwischen 3 und 4 liegt die Mischung 94 % An, bei der $B B' = 0$.

Schnitte der Prismenzone. Albitreiche Mischungen.

Charakteristische Konfigurationen ergeben sich in Schnitten albitreicher Mischungen, die einer vertikalen Prismenfläche parallel gehen, die ungefähr die Lage von f oder z hat.

Hier kann man unter Umständen in allen 4 Individuen eines Doppelzwillinges die Achsenebenen und Achsenpole eintragen und erhält dann auch sehr gut orientierende Bilder. Zunächst wird man finden, daß in allen Individuen die Mittellinien γ und α gleichsinnig gerichtet sind. Die Richtung γ ist gegen den

Pol von M gewendet und gibt somit Aufschluß, ob man sich in der rechten oder linken Hälfte der Projektion befindet. Vergl. Fig. 7 a, b, c, d.

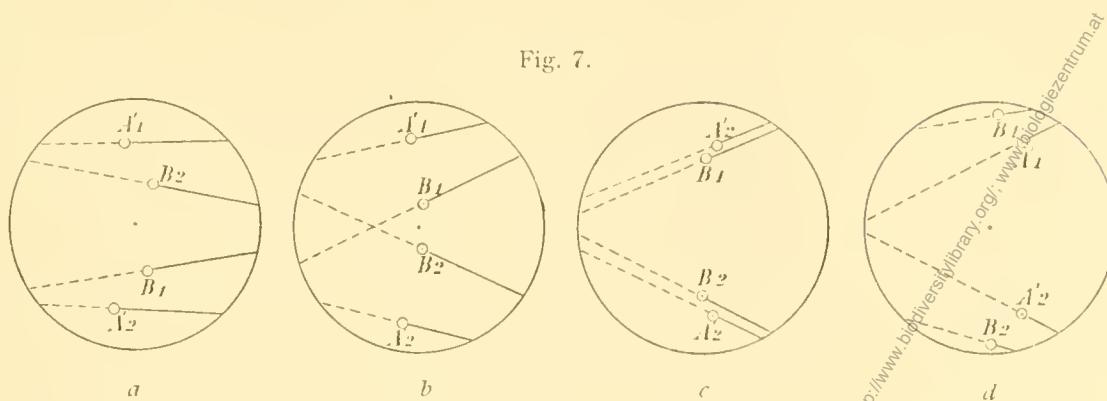


Fig. 7.

Projektion der 4 Achsen eines Plagioklas-Doppelzwillings in einem Schnitt ungefähr parallel (130). Die Normale von M liegt zur linken Hand. Die eingezeichneten Linien bedeuten die Achsenbarren in Normalstellung, die Ringel die Achsenpunkte. Die ausgezogene Linie verbindet die Achse mit α , die gestrichelte mit γ .

1. Fall. Die A -Achsen mit einem Abstand von etwas über 30° liegen außen, die B -Achsen innen. Der Anorthitgehalt ist kleiner als 21 %. (Fig. 7 a, b, c).

Hier gibt es zwei Unterfälle:

- a) Die inneren Achsenebenen schneiden sich zwischen Achse B und Mittellinie α . Anorthitgehalt zwischen 0 und 11 %. (Fig. 7 a).
- b) Die inneren Achsenebenen schneiden sich zwischen Achse B und γ . Anorthitgehalt größer als 11 %. (Fig. 7 b, c).

Innerhalb dieses Unterfalles sind noch zwei weitere Unterfälle unterscheidbar; man verbinde die Achsenpunkte A durch einen Großkreis, im Gesichtsfeld also durch eine gerade Linie; nun liegen:

- α) die inneren Achsen B und die Mittellinien γ auf verschiedenen Seiten des Bogens $A_1 A_2$ (Fig. 7 b).
- β) die inneren Achsen B und die Mittellinien γ auf derselben Seite des Bogens $A_1 A_2$ (Fig. 7 c). Zwischen α und β) liegt die Mischung mit 16 % An bei welcher alle 4 Achsen in einer Geraden liegen.

2. Fall. Die A -Achsen mit einem Abstand von 30° oder weniger liegen innen, die B -Achsen mit einem Abstand größer als 30° liegen außen: Anorthitgehalt größer als 21 % (Fig. 7 d).

Doppelzwillinge nach Albit- und Periklingesetz.

Solche Doppelzwillinge sind häufig in der Weise ausgebildet, daß einem größeren Individuum Lamellen sowohl nach dem Albit- als nach dem Periklingesetz eingeschaltet sind.

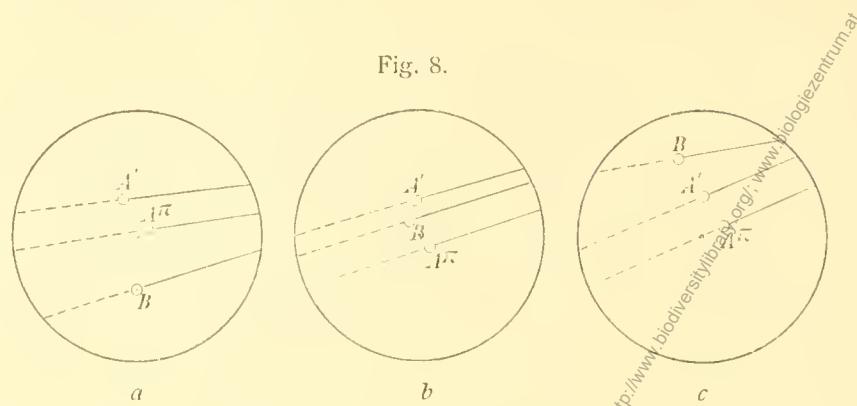
In der Reihe zwischen Albit und Andesin können nicht selten in einem Schnitte die optischen Achsen aller drei Individuen eingestellt werden. In solchen Schnitten erscheinen dann die Lamellen nach dem Albitgesetz ziemlich verwaschen, die Lamellen nach dem Periklingesetz scharf begrenzt und zwar sieht man entweder AB' und $B\pi$ oder BA' und $A\pi$. Dies führt wieder zu ganz charakteristischen Bildern, wenn die Achsenebenen und die Achsenpole in dasselbe Gesichtsfeld winkelgetreu eingetragen werden.

Die folgenden Fälle sind leicht zu unterscheiden.

1. Fall. Die Achsenebene des Haupt-Individuums liegt außerhalb der beiden anderen, und zwar näher an der Achsenebene der Periklinlamelle. (Fig. 8 a).

2. Fall. Die Achsenebene des Haupt-Individuums liegt zwischen den Achsenebenen der beiden anderen Individuen (Fig. 8 b).

3. Fall. Die Achsenebene des Hauptindividuums liegt außerhalb der beiden anderen, und zwar näher der Achsenebene der Albitlamellen (Fig. 8 c).

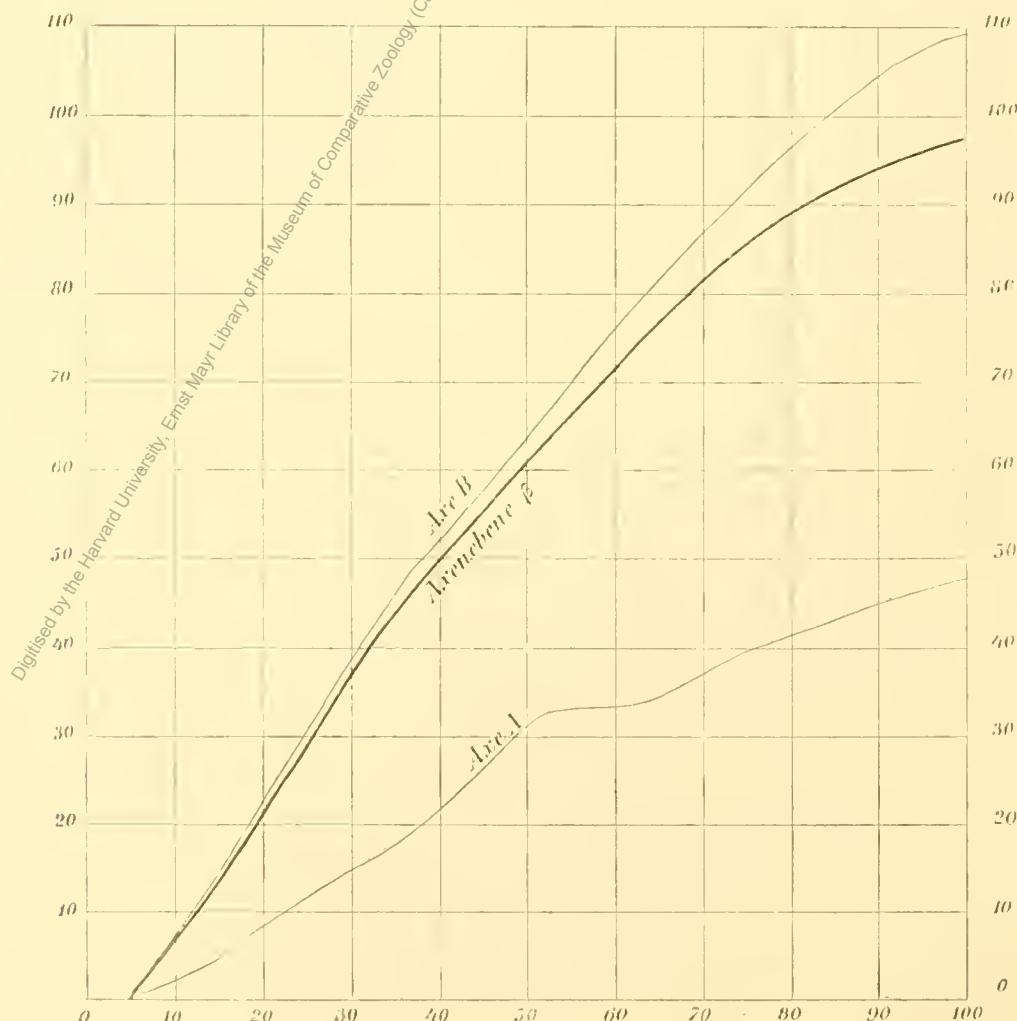


Projektion der Achsen und Achsenebenen von Zwillingen nach Albit- und Periklingsgesetz. Der Pol von M liegt zur linken Hand vom Gesichtsfeld.

Die Grenze zwischen Fall 1 und 2 fällt zusammen mit dem Minimum des Winkels $AB\pi$ und mit der Auslöschungsschiefe 0 gegen die Spur von P im Schnitt α . Die Ebene der optischen Achsen geht durch die krystallographische b -Achse. Dies tritt ein bei 18% An.

Die Grenze zwischen 2 und 3 fällt zusammen mit dem Minimum des Winkels AB' , mit der Auslöschungsschiefe 0 gegen die Spur von M im Schnitt α . Die Ebene der optischen Achsen steht senkrecht auf M . Dies ist der Fall bei $20\frac{1}{2}\%$ An.

Fig. 9.



Wanderung der Achsen A , B und der Achsenebene, resp. ihrer Normale in der Plagioklasreihe.

Es ist zu bemerken, daß man in einem solchen Schnitt entscheiden kann, ob das Hauptindividuum senkrecht zur Achse A oder B getroffen wurde. Durch Beobachtung mit dem Gipsblättchen ist die γ -Seite des Achsenbalkens zu erkennen. Die γ -Seiten der Achsenbalken sind der Seite des Gesichtsfeldes zugekehrt, wo die Normale von M liegt.

Ist nun im Hauptindividuum B , also in den Lamellen A' und A_π getroffen, so liegt die Achse des Hauptindividuums zwischen M und den beiden A . Ist dagegen A des Hauptindividuums getroffen, so liegt es in Bezug auf M jenseits der die Achsen der Zwillingslamellen verbindenden Linie.

Innerhalb ihrer Achsenbahn verschiebt sich die optische Achse A der Plagioklase langsamer als die Achse B . Auch ist die Schnelligkeit der Verschiebung nicht im ganzen Verlaufe der Reihe gleich.

Ebenso erfährt die Achsenebene eine stetige Änderung ihrer Lage, welche am besten an der Wanderung der Normalen β erkannt wird. Auch diese Wanderung erfolgt nicht überall gleich schnell.

Die vorstehende Figur 9 verzeichnet die Kurven, welche sich ergeben, wenn als Abszissenachse der Gehalt an Anorthit in Molekularprozenten, als Ordinate die Gesamtwege aufgetragen werden, welche die Achsen A , B und die Normale β von ihrer Position bei Albit zurückgelegt haben.

Diese Kurven können Verwendung finden, wenn bei zonar gebauten Plagioklasen die Zusammensetzung einer Zone bestimmt ist und von den anderen Zonen die Verschiebung der Achsen oder der Achsenebene gemessen wurde.

Tabelle
der Wanderung der Achsen und der Achsenebene der Plagioklase.

	An ^{0/0}	Verschiebung der Achse		Versch. der Achsenebenen β
		A	B	
Albit	5	—	—	—
Oligoklas-Albit	13	3½	10½	10
Oligoklas	20	8½	22	20
Oligoklas	25	11½	30	28½
Andesin	37	18½	48	46
Labrador	52	32	65	62½
Labrador	63	33	78½	74
Bytownit	75	39	90½	85
Anorthit	100	47	108½	97

Nur die häufiger angewandten Fälle optischer Bestimmung der Plagioklase sind hier besprochen. Für denjenigen, der mit der konoskopischen Untersuchungsmethode vertraut ist, ergeben sich noch manche andere Möglichkeiten zur Bestimmung. Es hätte aber keinen Zweck diese Kasuistik auf alle möglichen Fälle auszudehnen. Solche Spezialfälle bleiben der Einzelbeschreibung überlassen.

Am häufigsten wurden die Auslöschungsschiefen α und α' , ferner die Winkel AB' , AB_π , sowie B_1B_2 angewendet. Diese Beobachtungen führen fast immer zum Ziel.

Der Zonenbau der Plagioklase in krystallinen Schiefern.

In den Erstarrungsgesteinen haben die Plagioklase einen gesetzmäßigen Zonenbau, der seit langer Zeit bekannt ist, und dessen Grundregel lautet: Kern anorthitreicher als die Hülle. Diese Zonenstruktur ist mannigfacher Ausbildung fähig und erleidet bisweilen scheinbare Ausnahmen, stellt aber ohne Zweifel

ein wichtiges Merkmal für die Plagioklase der Erstarrungsgesteine dar, das sich auch mit allgemein physikalisch chemischen Gesetzen in Zusammenhang bringen läßt.

Diese Zonenstruktur der Plagioklase hat in neuerer Zeit besonders durch J. H. L. Vogt eine eingehende Besprechung und theoretische Beleuchtung erfahren. Besonders wurde der Zusammenhang mit den theoretischen Gesichtspunkten, die Backhuiz-Roozeboom bezüglich des Verhaltens isomorpher Schichtkrystalle erörtert hat, dargetan.

Diesen sehr interessanten Auseinandersetzungen gegenüber ist es vielleicht billig, hervorzuheben, daß in sachlicher Beziehung das Verhalten der Plagioklase schon vor dem Auftauchen der allgemeineren Theorien von den Petrographen, die sich mit dieser Frage befaßt hatten, vollkommen richtig und zutreffend beurteilt worden war.

Manche Züge in dem Verhalten der Plagioklase sind sogar von petrographischer Seite mit größerem Detail beurteilt worden, so zum Beispiel die Frage der Änderung der ersten Ausscheidungen. Nach der Theorie sind die ersten Ausscheidungen aus der Schmelze zweier isomorpher Substanzen reicher an der Komponente mit höherem Schmelzpunkt. Die Schmelze wird dadurch in ihrer Zusammensetzung im entgegengesetzten Sinne geändert. Genügend langsame Abkühlung vorausgesetzt, sollten sich nun die zuerst ausgeschiedenen Krystalle während des Weiterwachsens stetig in ihrer Zusammensetzung ändern durch einen fortwährenden Austausch mit der sich gleichfalls fortwährend ändernden Schmelze, so daß zum Schluß homogene Krystalle von der ursprünglichen Zusammensetzung der Schmelze übrig bleiben.

Es ist die Frage ob irgendwo in der Natur ein so stetiger Austausch zwischen bereits ausgeschiedenen Krystallen und Magmarest stattfindet, wie er im theoretischen Grenzfall vorgesehen ist. Daß aber ein lebhafter Austausch zwischen Krystall und Schmelze stattfindet, ist ohne Zweifel richtig; es sind insbesondere plagioklasreiche Gesteine mittlerer Zusammensetzung, in denen solche Erscheinungen beobachtet werden. Ich habe solche Strukturverhältnisse als Kerngerüst und Füllsubstanz ausführlich beschrieben und genau jene Deutung dafür gegeben, die jetzt von Vogt und anderen befürwortet wird.¹

Wenig später nach meiner Publikation wurden dieselben Erscheinungen von M. Lévy² beschrieben und abgebildet, ohne daß er wie es scheint meine Beschreibung gekannt hat, jedenfalls aber ohne die Deutung zu geben, die ich gefunden zu haben glaubte.

Ich erwähne das hier, nicht um die Bedeutung der theoretischen Ansichten von Roozeboom und Vogt zu verkleinern, aber um hervorzuheben, daß diese Ansichten schon früher ausgesprochen waren, ehe sie als Spezialfälle eines allgemeineren Schemas ihre theoretische Einordnung fanden.

Daß bei den krystallinischen Schiefern die Zonenregel umgekehrt lautet: Kern anorthitärmer als die Hülle, glaube ich zuerst ausgesprochen zu haben, obwohl vielleicht einzelne einschlägige Beobachtungen schon früher gemacht wurden. Ich berichtete über die auffällige Erscheinung im Anzeiger der Akademie der Wissenschaften und in einem Vortrag im Verein Lotos in Prag.³

Die Erscheinung ist dann von anderen Forschern bestätigt worden. So hat Hennig die verkehrte Zonenfolge in skandinavischen Gesteinen gefunden, und Weinschenk beschreibt sie aus alpinen Gesteinen.

Sie dürfte ziemlich weit verbreitet sein, denn bei einiger Aufmerksamkeit läßt sie sich fast immer wenigstens in Spuren nachweisen, wenn die Plagioklase der krystallinischen Schiefer überhaupt Zonenstruktur zeigen.

¹ F. Becke, Petrographische Studien am Tonalit der Rieserferner. Tschermak's Min. u. petr. Mitt. 3, 389, 1893.

² M. Lévy, Détermination des Feldspats. Deuxieme fascicule, Paris 1896, Taf. XIX, XX, XXI.

³ F. Becke, Über Zonenstruktur bei Feldspaten. Vortrag 3. April 1897. Lotos, XVII, Nr. 3 p. 58. Prag 1897.

In den obersten Tiefenstufen fehlt die Erscheinung, weil hier überhaupt andere Plagioklase außer Albit nicht existenzfähig sind. In der unteren Tiefenstufe ist sie nicht selten und in den Übergangszonen zwischen der oberen und unteren Tiefenstufe ist sie oft sehr typisch entwickelt.

Die Ausbildungsweise ist dabei ziemlich mannigfaltig. Bald ist der Kern ziemlich scharf von der anorthitreicher Hülle geschieden (vergl. Fig. 14, Taf. II), bald fließen Kern und Hülle ohne jede scharfe Grenze ineinander. (Fig. 13, 15, 16, 17). Bisweilen unterscheiden sich Kern und Hülle nur durch das verschiedene Mischungsverhältnis und die davon abhängige Orientierung, bald sind sie durch Einschlüsse, Durchsichtigkeit, Formausbildung verschieden.

In krystallinen Schiefern mit ausgeprägter Schieferung beobachtet man sie stets am deutlichsten im Schliff parallel der Hauptschieferung. Am wenigsten ist davon in den Querschliffen gestreckter Gesteine zu sehen.

Nicht immer umgibt die anorthitreichere Hülle den Kern allseitig. Häufig ist sie nur einseitig oder auf zwei Seiten entwickelt, bisweilen bestehen nur ganz kleine Fortwachslungen, die sich in der Richtung der Schieferung in das Grundgewebe vorschieben, aus anorthitreicherem Plagioklas (Fig. 14). Manchmal grenzen die albitreicher Kerne mehrerer Körner unmittelbar aneinander, und die Hüllen treten nur an den gegenüberliegenden freien Seiten der Kerne auf.

Die inverse Zonenstruktur findet sich im Bereich des ganzen Plagioklasreihe, vom fast reinen Albit angefangen bis zum Bytownit mit einigen achtzig Prozent Anorthitgehalt. Sie ist also nicht auf die sauren Plagioklase beschränkt.

Über den Grund der inversen Zonenstruktur weiß ich noch heute nichts vollkommen Befriedigendes auszusagen und kann nur ihre weite Verbreitung in den krystallinen Schiefern betonen.

Einschlüsse der Plagioklase.

Eine schon von den ältesten Beobachtern hervorgehobene Eigentümlichkeit der Plagioklase in den alpinen Gesteinen ist ihr Reichtum an Einschlüssen. In den albitreichen Varietäten bestehen sie vornehmlich aus einem Mineral, das sich mikroskopisch und optisch von Muscovit nicht unterscheiden lässt. In den anorthitreicher Mischungen tritt sehr häufig Klinozoisit, auch ein lichtgefärberter, in (110) krystallisierender Granat hinzu.

Von manchen Beobachtern wird auch Sillimanit angegeben, was ganz gut möglich ist; in den von mir untersuchten Gesteinen habe ich ihn nicht beobachtet.

Spärlich findet sich auch Biotit darunter.

Diese Einschlüsse spielen eine große Rolle in den Vorstellungen, welche Weinschenk über die Entstehung der alpinen Zentralgranite entwickelt hat (Theorie der Piëzokristallisation).

Weinschenk bestreitet ihre sekundäre Entstehung, betrachtet sie als primäre Bildungen. Dem Einwand, daß diese Einschlüsse nie in den anderen Gemengteilen, namentlich nie in Quarz, nie im Kalifeldspat, vorkommen, sucht er dadurch auszuweichen, daß er sich vorstellt, im Magma sei die Tendenz zur Bildung basischerer Feldspate vorhanden gewesen, im Moment der Festwerdung sei jedoch saurer Plagioklas und Klinozoisit entstanden.

Die von mir und vielen anderen Beobachtern seit langem behauptete sekundäre Entstehung dieser Einschlüsse weist Weinschenk zurück, weil die Beibehaltung der Krystallstruktur des Plagioklases beim Übergang von anorthitreicher zu anorthitärmerer Mischung undenkbar sei.

¹ Vergl. z. B. A. Böhm. Über die Gesteine des Wechsels. Tschermaks Mineral. u. petrogr. Mitt. 5. p. 197, 1882; insbesondere p. 201, 202, 203 und sonst.

Ich behalte mir vor, auf die Frage nochmals einzugehen, wenn unsere Beobachtungen an verschiedenen Gesteinen vorliegen werden, und beschränke mich hier darauf, den Gegensatz der Auffassung festzustellen und meine Meinung auszusprechen, daß angesichts vieler Tatsachen, welche chemische Umwandlungen unter Erhaltung der Krystallstruktur bezeugen, die Annahme sekundärer Bildung aus dem Anorthit-Silikat des Plagioklases die einfachere Auffassung zu sein scheint.

Schachbrett-Albit.

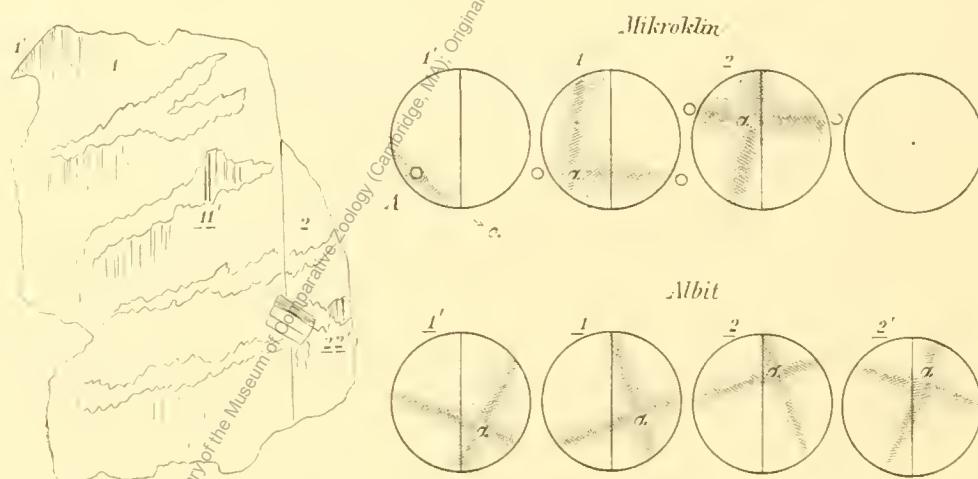
Eine besondere Ausbildung von albitähnlichem Plagioklas beobachtet man in vielen Gesteinen, die einen ursprünglichen Gehalt an Kalifeldspat haben, und starker Umwandlung ausgesetzt waren.

Hier findet oft eine Verdrängung des Kalifeldspat durch Natronfeldspat statt, wobei der neugebildete Natronfeldspat homoax zum ursprünglichen Kalifeldspat abgesetzt wird.

Dieser Absatz besteht stets aus recht anorthitarmen Mischungen, wie die Bestimmung der optischen Eigenschaften zeigt, und ist durch eine eigentümliche Entwicklung der Zwillingsbildung nach dem Albitgesetz ausgezeichnet.

Die an Stelle des Kalifeldspates tretende Albitmasse ist nicht homogen, sondern zeigt sich aus meist ganz kurzen alternierenden Lamellen nach dem Albitgesetz zusammengesetzt. Während sonst Zwillings-

Fig. 10.



Mikroklin mit perthitischen Albiteändern. Karlsbader Zwillling ungefähr parallel (100) geschnitten.
(Vergl. Taf. I, Fig. 2 und 3.)

Lamellen nach dem Albitgesetz in der Regel ein Korn der ganzen Länge nach durchsetzen, sind die Lamellen hier häufig nicht viel länger als breit, wodurch in gewissen Schnitten eine an ein Schachbrett mahnende Zeichnung entsteht, wenn eine Schar der Zwillingslamellen auf dunkel gestellt wird.

In Schnitten senkrecht zu M und P tritt diese Struktur am deutlichsten hervor. In Schnitten schief zu M entstehen fleckige verwaschene Polarisationsbilder. Es ist mir nicht unwahrscheinlich, daß solche Plagioklase es sind, welche bisweilen für Anorthoklas ausgegeben wurden.

Die Bilder, Taf. II, Fig. 18 und 19 geben das Aussehen dieses Schachbrett-Albites recht gut wieder.

In vielen stark geschiefernden, porphyroartigen Granitgneisen bestehen die schneeweissen undurchsichtigen, porzellanähnlichen Einsprenglinge aus solchem Schachbrett-Albit, so der Granitgneiß des Sonnbllickkernes, die Randpartien des Duxer Kernes bei Mairhofen.

Die Bildung dieses Schachbrett-Albites schreitet oft derart in das Innere der ursprünglichen Kalifeldspate vor, daß kleine inselförmige Partien des ursprünglichen Minerals erhalten bleiben.

Von dem Material der zackigen Perthitbänder unterscheidet sich dieser auf Kosten des Kalifeldspates gebildete Schachbrett-Albit nicht wesentlich, wohl aber recht deutlich von den älteren, so häufig

in den Kalifeldspaten eingeschlossenen Plagioklaskörnern. Diese enthalten stets mehr oder weniger von jenen kleinen Glimmertäfelchen, welche für die alpinen Plagioklase so charakteristisch sind. Der Schachbrett-Albit ist von jenen Bildungen frei.

Interessant gestalten sich die Bilder, wenn derartige Kerne von ursprünglichem Kalifeldspat in der Folge weiter wachsen. Den mit typischer Schachbrettstruktur versehenen Kern umgibt dann eine Rinde aus stetigen, geraden aber ungewöhnlich schmalen Lamellen nach dem Albitgesetz. Vergl. Taf. 2, Fig. 19.

Beispiele für die Anwendung der konoskopischen Bestimmungsmethoden bei der Untersuchung von Feldspaten.

Kalifeldspat in Verwachsung mit perthitischen Albitbändern.

In Granitgneis W von Gais bei Bruneck finden sich große Kalifeldspate, die auf Taf. I, Fig. 2, 3, 4 abgebildet sind.

Schnitte nach P und ähnlich liegende geben das bekannte Gitter. Schnitte ungefähr parallel (100) oder zwischen (100) und (201) lassen eine ziemlich verschwommene Streifung in flammenähnlichen Lamellen erkennen. (Vergl. Fig. 2, Taf. I).

In Diagonalstellung verschwindet diese Streifung ebenso wie die der unregelmäßigen perthitischen Albitbänder. (Vergl. Taf. I, Fig. 3), welche nur mit höherer Interferenzfarbe aus dem dunkelgrauen Grund des Kalifeldspates herausleuchten.

In den bezeichneten Teilen des dort abgebildeten Durchschnittes, S. 28 skizziert, beobachtet man die in richtiger Stellung daneben gezeichneten Interferenzbilder. Man erkennt, daß der Schnitt nicht genau senkrecht auf (010) getroffen hat. Man sieht ferner, daß die Mittellinien α der beiden Zwillingslamellen von Albit fast zusammenfallen, während die des Kalifeldspats so stark gegeneinander verschoben sind, daß sie für das eine Individuum bereits außerhalb des Gesichtsfeldes fällt, so daß α des einen Individiums und die Achse des anderen fast zusammenfallen.

Bei der Vergleichung der zu einem Karlsbader Zwilling gehörigen Interferenzbilder bemerkt man, daß die Achsenebenen des Mikroklin weiter voneinander entfernt liegen als die des Albites.

Die perthitischen Bänder bestehen nicht aus ganz reinem Albit. Die Winkel, welche die Achsenebenen der im Albitzwillig verbundenen Individuen einschließen, betragen:

$$11' = 19^\circ, 22' = 23^\circ, \text{ im Mittel } 21^\circ. \text{ Hieraus folgt nach Fig. 5 } 12\% \text{ An.}$$

Einfacher Albitzwillig in Glimmerschiefer von der Hochsäge.

Taf. I, Fig. 11.

Die beistehende Figur S. 30 zeigt eine vereinfachte Skizze des Durchschnittes. Im Individuum links bemerkt man feine Spaltrisse nach P .

Der Kreis nebenan zeigt die Projektion der im Gesichtsfeld von 26° Radius sichtbaren Achsenpole und Achsenebenen. Die Orientierung von γ und α zeigt, daß der Pol (010) zur linken Hand liegt.

Die in 1 sichtbare Achse ist B , die in 1' sichtbare A . Aus der Beobachtung ergeben sich folgende Azimute und Zentraldistanzen der Achsen:

Achse	Azimut gegen die Zwillingsgrenze	Zentraldistanz
B_1	+20°	10·5°
A'_1	-25	16·5

Für das Azimut der Achsenebenen fand ich durch Einstellung der Achsenebenen in den transversalen Nicolhauptschnitt

Azimut gegen die Zwillingsgrenze

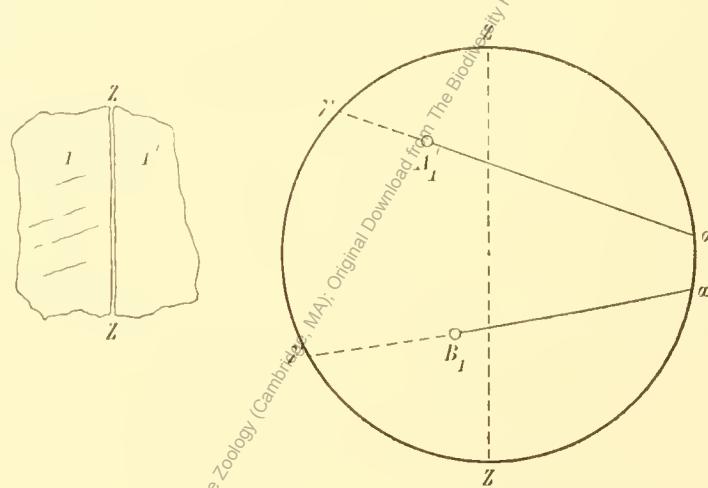
B_1	+ 80°
A'_1	- 69·2°.

Hienach ist die Projektion ausgeführt. Zur Kontrolle wurde aus der Zeichnung der Abstand der Achsenebene vom Zentrum entnommen

Achsenebene 1	Abstand vom Zentrum	9·5°	Konstruktion fordert	9·5°
» 1'	» » »	10·5°	»	12°.

Aus der Projektion ergibt sich: $AB' = 25^\circ$ und hieraus der Anorthitgehalt nach Fig. 4. An 4%. Ferner der Winkel der Achsenebenen, welche wie es der Albitzwillig verlangt, gegen α konvergieren, gleich $36\cdot5^\circ$. Dieser Winkel ist etwas zu groß. 4% An würden nach Fig. 5 etwa 32° fordern.

Fig. 11.



Albitzwillig aus Glimmerschiefer. Hochsäge $AB' = 25^\circ$. Konvergenz der Achsenebenen gegen α .

Die Projektion ist direkt mit Fig. 1 vergleichbar. Man beachte, daß augenscheinlich B dem Kreuzungspunkt der Achsenebenen in der Symmetrieebene näher liegt. Daraus folgt, daß die Mittellinie α schon jenseits der Medianzone liegt, wie dies bei Albit tatsächlich der Fall ist.

Karlsbader Zwillinge. Albit in Glimmerschiefer von der Ampfergießen bei Taufers.

Fig. 12 und 13 geben zwei Durchschnitte durch Zwillingskörner dieses Albites. Die Messungen ergaben an dem Durchschnitt Fig. 12 für den Winkel beider optischen Achsen 17° , für den Durchschnitt Fig. 13 $32\frac{1}{2}^\circ$. Die Durchschnitte gehörten zu den ersten, die untersucht wurden und die geringe Übereinstimmung schien die Methode sehr zu diskreditieren, bis die genauere Untersuchung und insbesondere die Berücksichtigung der Lage der Achsenebenen die Lösung brachte. Keiner von den beiden Durchschnitten ist ein Albitzwillig, wofür sie anfänglich gehalten wurden, sondern Karlsbader Zwillinge. In Fig. 12 treten die Achsen B aus, in Fig. 13 A .

Damit stimmen jetzt alle der Projektion zu entnehmenden Größen.

In Fig. 12 schneiden sich die Achsenebenen zwischen Achse und α noch innerhalb des Gesichtsfeldes, wie es Schnitte B_1B_2 für Karlsbader Zwillinge verlangen.

Aus $B_1B_2 = 17^\circ$ folgt nach Fig. 4 An = 4% (durch Extrapolation), Winkel der Achsenebenen $32\frac{1}{2}^\circ$. Fig. 5 verlangt für 4% An zirka 34° .

Aus Fig. 13 folgt $A_1A_2 = 32^{\circ}\frac{1}{2}$. Fig. 4 gibt für diesen hier wenig variablen Winkel 32° . Der Winkel der Achsenebenen ist auch hier 32° .

Fig. 12.

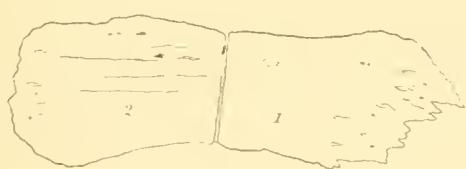
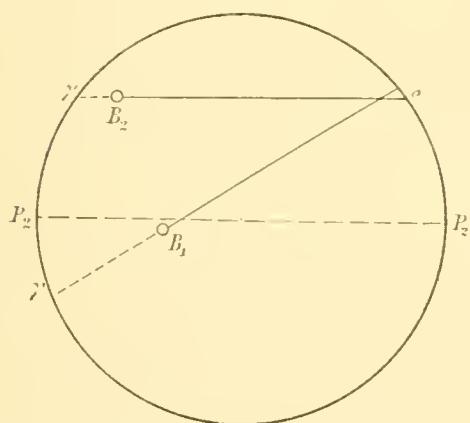
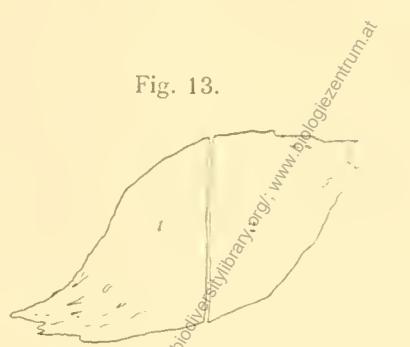
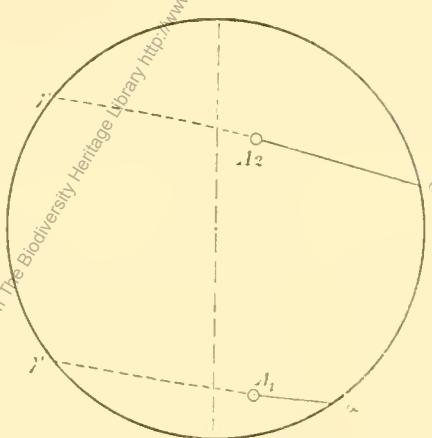


Fig. 13.



Albit. Karlsbader Zwilling $B_1B_2 = 17^{\circ}$.

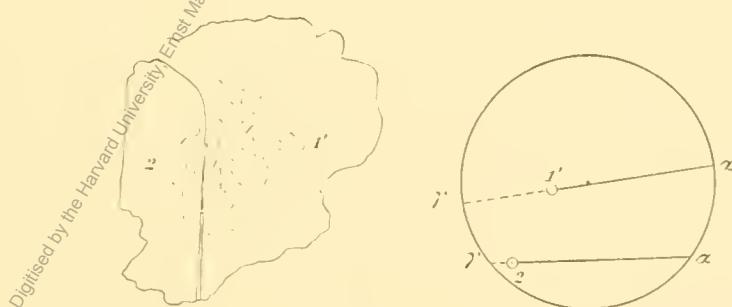


Albit. Karlsbader Zwilling $A_1A_2 = 32^{\circ}$.

Doppelzwilling 1', 2' von Albit in Grünschiefer.

In einem Grünschiefer vom Gaiskopf bei Alairhofen östl. der Rettelwand fand sich ein Feldspatdurchschnitt durch einen Zwilling mit Achsenaustritt. Die Untersuchung ergab das in beistehender Skizze dargestellte Resultat. Fig. 14.

Fig. 14.



Albit. Doppelzwilling 1', 2', $A_1B'_2 = 9^{\circ}40'$.

Der Winkel zwischen den beiden optischen Achsen wurde gefunden zu $9^{\circ} 40'$. Die Einzeichnung der Achsenebenen ließ erkennen, daß sie fast parallel gehen und einen kleinen Winkel in der Richtung gegen γ einschließen. Die Achsen erscheinen in der Richtung der Achsenebene gegeneinander verschoben.

Da an einem anderen Durchschnitt $AB' = 15^{\circ}\frac{1}{2}$ gefunden war mit ganz normaler gegen α stark konvergierender Lage der Achsenebenen, so schien ein Widerspruch vorzuliegen.

Aus den Beobachtungen folgt:

1. Der Zwilling kann kein Albitzwilling sein, sonst müßten die Achsenebenen merklich gegen α konvergieren.

2. Der Zwilling kann kein Karlsbader Zwilling sein. Es müßte B_1B_2 vorliegen und die Achsenebenen müßten noch stärker konvergieren entweder gegen α oder gegen γ .

Somit bleibt nur übrig, daß die Kombination von Karlsbader und Albit-Gesetz vorliegt und die Individuen die Stellung 1', 2 haben. In der Tat findet sich an der Zwillingsgrenze eine sehr schmale, ansangs übersehene Lamelle, die dem verkümmerten Individuum 1 oder 2' entspricht.

Aus der Projektion ist zu ersehen, daß angenähert $A'B = B'B_2 + A'_1B_2$, also $A'_1B_2 = AB' - B_1B_2$.

Hieraus ergibt sich die Möglichkeit, den gemessenen Winkel zu verwerten. Man hat zu sehen, wo der Abstand der Kurven B_1B_2 und AB' gleich ist dem gemessenen Winkel von $9^\circ 40'$. Das ist der Fall bei $12\frac{1}{2}^\circ$ An 0% in sehr naher Übereinstimmung mit dem aus $AB' = 15\frac{1}{2}^\circ$ folgenden Gehalt von 11% An.

Mehrfacher Zwilling nach Albit, Karlsbader und Periklingesetz. Tonalitgneis Göge.

Auf Taf. 1, Fig. 12, hat man das Photogramm eines Plagioklases aus den am besten erhaltenen körnigen Partien des Tonalitkernes der Zillertaler Hauptkette (Göge, im Weißenbachtal unweit des Neveser Jochs, Chemnitzer Hütte). Das Gestein zeigt die hypidiomorph körnige Struktur des Tonalits noch recht gut erhalten. Der Durchschnitt zeigt einen Doppelzwilling nach dem Karlsbader und Albitgesetz, in einem der Individuen (rechte Hälfte) stecken auch Lamellen nach dem Periklingesetz.

Sehr gut tritt die Grenze des Karlsbader Zwillings hervor; durch Kompensation erscheint sie tief schwarz gezeichnet. Die Lamellen nach dem Albitgesetz erscheinen breit, verwaschen.

Wie die nähere Untersuchung lehrt, sind die schmalen Lamellen in der linken Hälfte in der Grundstellung (Individ. 1). Die breiten Teile links und rechts entsprechen 1' und 2', die schmalen Lamellen rechts 2 und 2 $''$.

Die beistehende Textfigur 15 bringt eine etwas schematisierte Skizze und die Orientierung der in den Lamellen sichtbaren Achsenbilder, wie sie durch Beobachtung mittels Camera lucida und drehbarem Zeichentisch gewonnen und in stereographische Projektion übertragen wurden. zz ist die Richtung der Lamellen nach dem Albitgesetz, also die Spur von M .

In 2', 2, 2 $''$, und 1 ließen sich die Achsen eintragen. Die Achse von 1' liegt bereits außerhalb des Gesichtsfeldes rechts unten.

Die Einstellung des Achsenbalkens in transversale Normalstellung lieferte folgende Azimute.

Spur von M parallel dem Vertikalfaden: Ablesung am Objekttisch 218, 0-Punkt für das Azimut.

Individuum 2, Achsenbalken in transversaler Normalstellung (rechts, links), Ablesung 252° , Azimut gegen $z + 56$ ($90 - [252 - 218]$).

Individuum 2 ebenso,	Ablesung 184° ,	Azimut -56°
» 2'	» » 200°,	» -72°
» 2 $''$	» » 180°,	» -52°.

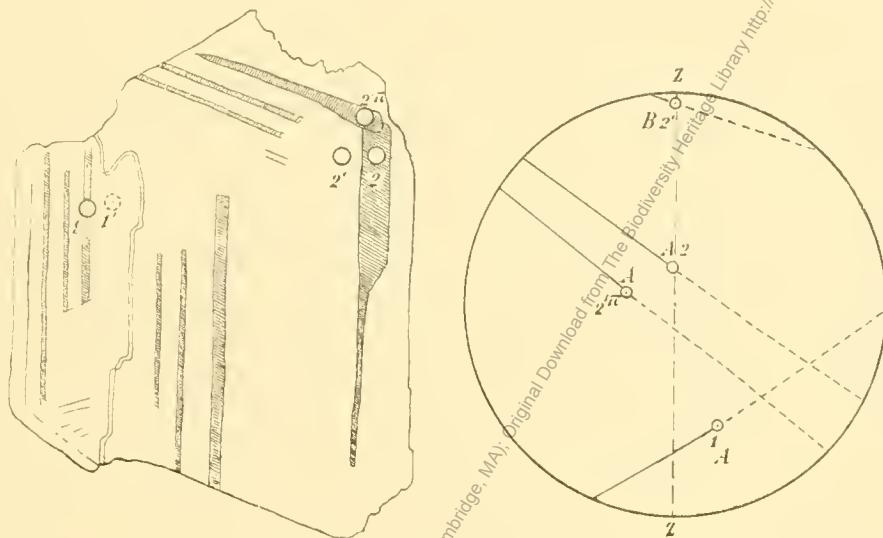
Die Einzeichnung der Achsen gab

Individuum	Azimut gegen zz	Distanz vom Mittelpunkte
		des Gesichtsfeldes
1	+ 160	16°
2	- 6	5°

Individuum	Azimut gegen zz	Distanz vom Mittelpunkte des Gesichtsfeldes
$2'$	— 1	26° (hart am Rande)
$2_\pi'$	— 74	$6\frac{1}{2}^\circ$.

Aus der hienach angefertigten Projektion ergäbe sich für den Abstand der Achsenebene 1 vom Mittelpunkt des Gesichtsfeldes 16° . Die direkte Ausmessung auf dem Zeichenblatt gibt $15\frac{1}{2}^\circ$ Distanz der Achsenebene 2 vom Mittelpunkt, Projektion 4° ; direkte Messung 4° .

Fig. 15.



Oligoklas-Andesin. Schnitt der Prismenzone durch einen Doppelzwilling nach Albit- und Karlsbader Gesetz mit Periklinlamellen.
Normale Zonenstruktur.

Distanz der Achsenebene $2'_\pi$ vom Mittelpunkt. Projektion 2° ; direkte Messung 2° .

Aus der Projektion ergibt sich ferner, daß die Achsenebenen von 1, 2 sich zwischen Achse und γ im Gesichtsfeld schneiden, daß ferner die Achse von $2'$ samt ihrer Achsenebene außerhalb dieses Winkels liegt. Schon daraus ist nach p. 23 [—], Fig. 7 d zu entnehmen, daß der Anorthitgehalt höher als 21% ist.

Zu demselben Resultat führt die Beobachtung, daß AB_π größer ist als AB' .

Mißt man die hier vorkommenden Winkel und benützt die Figuren 4 und 5 zur Bestimmung, so hat man:

	Anorthitgehalt:
$AB' = 21^\circ$	$30\frac{1}{2}\%$
$AB_\pi = 25^\circ$	$30\frac{1}{2}\%$
$A_1A_2 = 21^\circ$	30%
Winkel der Achsenebenen $12 = 70^\circ$	33%
" " "	$22'_\pi = 32^\circ$
" " "	$22' = 25^\circ$

$28\frac{1}{2}\%$
 $28\frac{1}{2}\%$

Berücksichtigt man, daß die Einstellung der Achsenebene von $2'$ sehr unsicher ist, da sie nahe am Rande des Gesichtsfeldes verläuft, so kann man die Übereinstimmung wohl als sehr befriedigend bezeichnen.

Noch wäre zu erwähnen, daß auch die Lage der Achse A von $2'\pi$ gegen die Achsen A_2 und B'_2 durchaus so ist, wie die Konstruktion für einen derartigen basischen Oligoklas verlangt.

Um die Übereinstimmung einzusehen, braucht man nur die Figur um 180° um zz zu drehen, so hat man eine ganz ähnliche Lage, wie sie die Projektion I für einen Plagioklas zwischen 25 und 37% An interpolieren läßt.

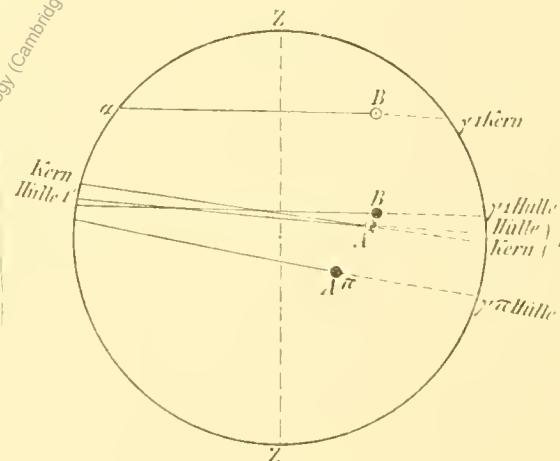
Das hier benützte Beispiel wurde einer laufenden Beobachtung entnommen, bei welcher auf die Ermittlung der Lage der Achsenebenen keine besondere Sorgfalt gewendet worden war.

Der vorliegende Plagioklas zeigt nur einen sehr schmalen Saum mit abnehmender Basizität. Nach Beobachtungen in Schnitten α geht der Anorthitgehalt in diesem Saum bis auf 25% An herunter. Links unten grenzt der Durchschnitt mit einem schmalen Myrmekitsaum an einen Lückenbüßer von Mikroklin.

Doppelzwillling von Albit- und Periklingesetz, verbunden mit Zonenstruktur. Oligoklas im Tonalitgneis.

Fig. 16 zeigt einen Durchschnitt aus einer basischen Konkretion im körnigen Granitgneis des Windbachtales. Das Gestein zeigt noch sehr gute Erhaltung der Erstarrungsstruktur. An dem gezeichneten Durchschnitt erkennt man Zwillingsbildung nach dem Albit- und Periklingesetz. Die untere Hälfte des Durchschnitts zeigt etwas höhere Interferenzfarbe als die obere. Wir nehmen die untere als Kern, die

Fig. 16.



Oligoklas. Albit und Periklinzwillig, verbunden mit normaler Zonenstruktur. Schnitt der Prismenzone mit Achsenaustritt.

obere als Hülle. Die feinen Linien an der Grenze zwischen Kern und Hülle sind Spaltrisse nach P ; darüber liegt ein System von Periklinlamellen; diese stehen in Zwillingsstellung mit dem Individuum auf der rechten Seite des Durchschnittes.

Die Achsen wurden bestimmt im Kern an den Individuen 1 und $1'$ an den mit Kreisen bezeichneten Stellen, ferner im Bereich der Hülle an 1, $1'$ und π an den mit schwarzen Punkten bezeichneten Stellen. Die Achsenpunkte und die Achsenebenen sind in der danebenstehenden, das Gesichtsfeld von zirka 26° Radius darstellenden Projektion eingetragen.

Im Individuum 1 verschiebt sich Achse und Achsenbene von Kern zur Hülle stark, hier ist also Achse B sichtbar. Im Individuum $1'$ ist die Verschiebung der Achse unmerklich, wohl aber ändert sich merklich die Lage der Achsenbene; dies entspricht der Achse A . Die Periklinlamelle zeigt natürlich ebenfalls A .

Folgendes sind die Resultate der Messung. Als Ausgangspunkt für die Azimute dient die Spur der Zwillingslamellen nach dem Albitgesetz.

Individuum 1 (Achse B)	Kern	Hülle
Achsenebene Azimut	— $88 \cdot 6^\circ$	— $87 \cdot 8^\circ$
Azimut der Achse	+ 38°	+ 75°
Zentraldistanz der Achse	20°	13° .
Individuum $1'$ (Achse A)		
Achsenebene Azimut	— $81 \cdot 8^\circ$	— $84 \cdot 6^\circ$
Azimut der Achse	$+ 82^\circ$	
Zentraldistanz der Achse		12°
Individuum $1''$ (Achse A)		
Achsenebene Azimut	—	— 79°
Azimut der Achse	—	+ 122°
Zentraldistanz der Achse	—	$8 \cdot 5^\circ$.

Aus der Projektion folgt:

AB'	14°	2°
AB_π		9°

Bei der Deutung kann man ausgehen von der Tatsache, daß die Achsenebene des Hauptindividuums 1 außerhalb der Achsenebenen von $1'$ und π liegt, dem ersteren näher. Dies entspricht dem Fall 3 für Doppelzwillinge nach dem Albit- und Periklingesetz (Fig. 8 c).

Die Hülle muß also mehr als $20\frac{1}{2}\%$ Anorthitgehalt haben. Die Kurven AB' und AB_π (Fig. 4) geben $20\frac{1}{2}$ und $22\frac{1}{2}$, im Mittel $21\frac{1}{2}\%$ für die Hülle des Plagioklasses.

Der Winkel $AB' = 14^\circ$ im Kern kann zunächst 12 oder 27° An bedeuten.

Berücksichtigt man indessen, daß die Achse B_1 sich von der Gruppe der Achsen A' und A_π entfernt, wenn man von der Hülle zum Kern übergeht, so erkennt man, daß die richtige Lösung nur 27° An sein kann.

Dies wurde auch durch anderweitige Beobachtungen bestätigt, auf die erst später eingegangenen werden kann.

Obzwar die Eintragung der Achsenebenen nicht sehr genau sein kann, wurden doch aus der Projektion zur Kontrolle auch die Winkel zwischen den Achsenebenen abgeleitet und gefunden:

	Winkel der Achsenebenen	Hieraus An nach Fig. 5
für $11'$ Kern	14°	25%
$11'$ Hülle	3°	$21\frac{1}{2}\%$
π »	10°	21%

Die Kontrolle führt somit zu sehr ähnlichen Ergebnissen. Die Situation der hier gefundenen Achsenlagen korrespondiert mit der in Fig. I projizierten, wenn die Projektion um die Linie zz umgeklappt wird.

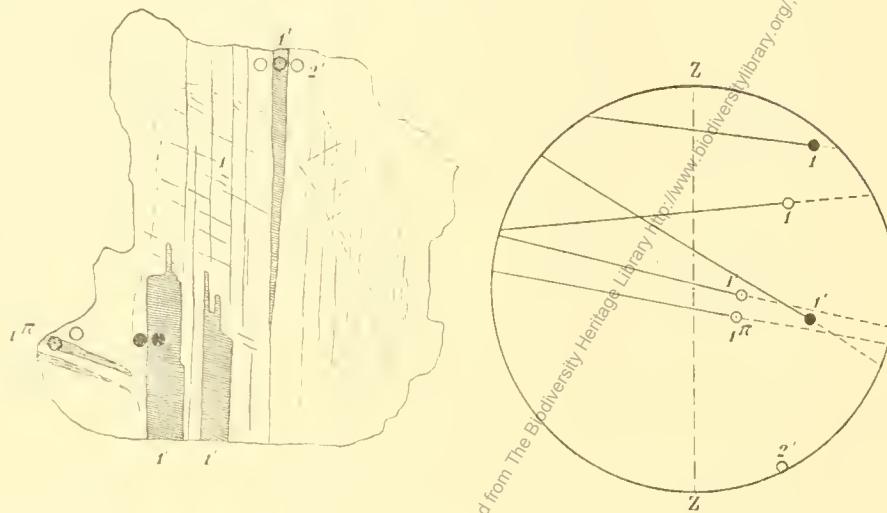
Doppelzwillig von Albit- und Karlsbader Gesetz, verbunden mit Zonenstruktur.

Die umstehende Figur 17 zeigt einen Durchschnitt durch einen zonal gebauten Plagioklas aus dem Granit von Grasstein.

Man erkennt sofort daß man es mit einem Doppelzwillig nach dem Karlsbader und Albitgesetz zu tun hat.

Die linke Hälfte besteht aus den beiden Individuen 1 und 1'; 1 herrscht vor, 1' bildet zahlreiche sehr schmale und 3 breitere Lamellen; außerdem sind in die äußerste Zone von 1 noch viele sehr feine und 2 gröbere Lamellen 1ⁿ nach dem Periklingesetz eingeschaltet.

Fig. 17.



Andesin mit Oligoklashülle. Doppelzwillung nach Albit und Karlsbader Gesetz; mit Periklin-Zwillinglamellen. Schnitt der Prismenzone mit Achsenaustritt.

Die rechte Hälfte wird durch ein vorherrschendes Individuum eingenommen, in das zahlreiche, aber sehr feine Lamellen nach dem Albitgesetz eingeschaltet sind. Wie sich nachträglich feststellen ließ, ist das vorwaltend entwickelte mit 1' in Zwillingssstellung nach dem Karlsbader Gesetz. An dem Durchschnitt erkennt man deutliche Zonenstruktur; im Individuum 2 sieht man die Spur der γ und P angedeutet, in 11' die Spur von M und P .

Die äußere Zone am oberen Rande zeigt an allen 3 Individuen Achsenaustritt. 1 zeigt sehr starke Unterschiede der Interferenzfarbe. Hier tritt mutmaßlich B aus. In 1' und 2' ist die Höhe der Interferenzfarben in Kern und Hülle weniger verschieden, hier darf man Austritt der Achse A vermuten. Die Achsen und Achsenebenen wurden in der äußersten Zone an den mit leeren Ringeln bezeichneten Stellen gemessen. Eine Beobachtung gab 1, 1' und 2 am oberen Rande, eine zweite die Periklinlamelle 1ⁿ und abermals 1. Die beiden Beobachtungen an 1 stimmten sehr gut zusammen.

In Figur 17 sind in der Projektion die Achsenpunkte dieser Stellen durch leere Ringeln bezeichnet.

Die Beobachtungen im Kern sind dadurch erschwert, daß die in 1 sichtbare Achse aus dem Bereich des Gesichtsfeldes wandert, ehe noch der innere Kern erreicht ist. Nur am Rande des Kerns läßt sich 1 beobachten; damit wurde die Beobachtung an nahe gelegener Stelle in einer Lamelle 1' verbunden. Auch im Kern von 2' ist die Achse im Bereich des Gesichtsfeldes nicht mehr sichtbar. In Figur 17 sind die Achsenpunkte der Kernpartien durch schwarze Ringel dargestellt.

Aus den Beobachtungen läßt sich nun folgendes schließen:

Aus der Lage der Mittellinien α und γ ist zunächst zu entnehmen, daß der Pol von M zur Rechten liegt. Ferner kann man aus der Situation der Achsen $A'_1 A'_2$ und B_1 in der Hülle entnehmen, daß der Anorthitgehalt größer als 21% sein muß; dasselbe ergibt sich aus der Situation von B_1 zu A'_1 und A_1^n . Ebenso ist dies zu folgern daraus, daß augenscheinlich $A'B < A^nB$.

Für die genauere Bestimmung stehen nun folgende Zahlen zur Verfügung, welche den Beobachtungen entnommen werden können:

Außerste Hülle:

$AB' = 13^\circ$	hieraus $An\% = 28$
$AB\pi = 16^\circ$	$\gg \gg = 26$
$A_1A_2 = 22^\circ$	$\gg \gg = 29$
Winkel der Achsenebenen $11' = 25^\circ$	$An\% = 28$
$\gg \gg \gg 11\pi = 23^\circ$	26
$\gg \gg \gg 1'2' = 60^\circ$ (ungenau!)	29.

Rand des Kernes:

$AB' = 22^\circ$	$An\% = 31$
Winkel der Achsenebenen $11' = 30^\circ$	$An\% = 29$
$\gg \gg \gg 1'2' = 70^\circ$ (ungenau)	$An\% = 32$

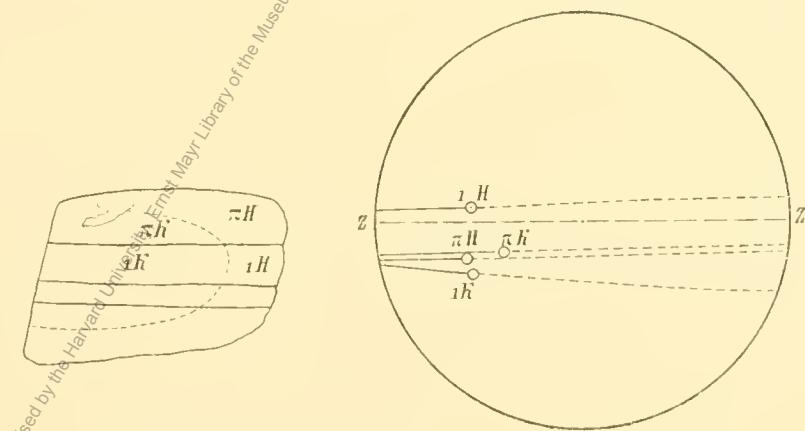
Aus der Gesamtheit der Beobachtungen folgt für die Hülle ein Gehalt von 27% , für den Rand des Kernes 31% Anorthitgehalt. Der innerste Kern muß noch einige Prozente Anorthitgehalt mehr haben.

Mit diesen Bestimmungen harmoniert, daß in der Hülle der Charakter der Doppelbrechung nach der Hyperbelkrümmung deutlich negativ ist; im Kern ist der optische Charakter wenig ausgesprochen, $2V$ nicht sehr von 90° verschieden.

Zwilling nach Periklingesetz verbunden mit Zonenstruktur. Amphibolit Floite.

Im Grundgewebe eines Amphibolites aus dem Floitental zeigen die granoblastischen Plagioklase durchwegs inverse Zonenstruktur. Die meisten lassen eine oder mehrere Zwillingslamellen erkennen. In einem der Durchschnitte, der in beistehender Figur 18 skizziert ist, findet man in Kern und Hülle in beiden

Fig. 18.



Oligoklas mit inverser Zonenstruktur. Periklinzwilling.

Lamellensystemen Achsenaustritt. Da die Achsenebenen im Sinne der Zwillingsgrenze verläuft, hat man es mit Periklinzwillingen zu tun.

Wir unterscheiden:

Individuum 1 Kern und 1 Hülle

$\gg \pi \gg \pi \wedge$.

Die Achsenebenen liegen nach Einstellung der Achsenbarre in die transversale Normalstellung in folgenden Azimuten gegen die Spur der Zwillingslamelle:

Einstellung auf die Zwillingsgrenze 0-Azimut 98.

Individuum 1 Kern	Einstellung	Azimut
1 Hülle	102°	+ 4°
π Kern	96°	— 2°
π Hülle	99°	+ 1°
	99°	+ 1°

Die Achsen lagen in folgenden Azimuten und Zentraldistanzen:

Individuum 1 Kern	Azimut	Zentraldistanz
1 Hülle	— 24°	$15\frac{1}{2}$ °
π Kern	+ 7°	14°
π Hülle	— $20\frac{1}{2}$ °	$10\frac{1}{2}$ °
	— 18°	15°

Wie die Eintragung in das Gesichtsfeld lehrt, verschiebt sich die Achse von I sehr stark und die Achsenebene ändert gleichfalls stark ihre Lage. Hier tritt somit Achse B aus; in π Achse A. Nach der Orientierung von α und γ liegt M zur rechten Hand des Beobachters.

Nach der Verschiebung der Achsen liegt Kern vor Hülle hinter dem Minimum AB_π der Periklinzwillinge.

Im Kern beträgt $A_\pi B$ 5° , entsprechend 15% An,
in der Hülle $6\frac{1}{2}^\circ$, » $21\frac{1}{2}\%$ An.

Die Verschiebung der Achse B von Individuum 1 beträgt 1_K bis $1_H 8^\circ$; nach Fig. 9 sollte sich Achse B verschieben von 15 bis $21\frac{1}{2}\%$ An um 10° ; Achse A von Individuum π verschiebt sich von π_K bis π_H um 5° , Kurve Fig. 9 gibt für Achse A für dieses Intervall eine Verschiebung von 5° .

Man beachte auch die Konvergenz der Achsenebenen gegen α , ferner das Fortrücken der Achse A in π von der positiven Mittellinie.

In der Tat verhält sich die Hülle wahrnehmbar negativ nach der Hyperbelkrümmung; der Kern gibt neutrale Reaktion.

1

Myrmekit.

Eine besondere Beachtung verdienen die eigentümlichen Verwachsungen von Plagioklas und Quarz, welche im allgemeinen unter den Begriff der Implikationsstruktur¹ (Zirkel) fallen, stets an die Oberfläche von Körnern von Kalifeldspat gebunden sind, seltener auch von Sprüngen aus in diesen hineinwuchern und aus warzen- oder halbkugeligen Körnern von saurem Plagioklas bestehen, die von auseinanderlaufenden gekrümmten, bisweilen verästelten Quarzstengeln durchwachsen sind.

Diese Gebilde wurden öfter mit Mikropegmatit zusammengeworfen, mit dem sie das gemeinsam haben, daß die Bestandteile gleichzeitig gebildet wurden. Sederholm² hat für die hier gemeinten Gebilde den Namen Myrmekit eingeführt, der hier auch beibehalten werden soll.

¹ F. Zirkel: Petrographie, 1, 469, Regelmäßig ineinander verschrankte Verwachsung zweier gleichzeitig gebildeter Gemengteile, . . . Die Erscheinung besteht darin, daß eine größere Anzahl stengeliger Krystallindividuen eines Minerals sämtlich in untereinander paralleler Orientierung (also krystallonomisch eigentlich nur ein Individuum bildend) ein größeres einheitliches Individuum eines anderen offenbar zu gleicher Zeit entstandenen Minerals durchsetzt, ohne daß aber zwischen beiden eine Gesetzmäßigkeit in Bezug auf die gegenseitige krystallographische Orientierung stattfindet. «

² Bull. Comm. Geol. de la Finlande, Nr. 6, 1899.

Michel Lévy dürfte wohl einer der ersten gewesen sein, der diese Bildungen bemerkt hat.

Schon in der Abhandlung: »Structure microscopique des roches acides anciennes«¹ gibt er (Taf. IV, Fig. 1) eine Abbildung des »Granite porphyroïde de Vire«, welche die wurmförmigen Fransen in der Umhüllung eines in jüngeren perthitischen Kalifeldspat eingehüllten Plagioklases deutlich zur Anschauung bringt. Die Beschreibung lautet (l. c. p. 201):

»Les débris de feldspath ancien, noyés dans l'orthose récent, sont souvent corrodés et infiltrés sur leur bords, et aux Nicols croisées ces infiltrations, comme guillochées présentent des jeux de coloration très caractéristiques.«

Und bei der Beschreibung des Bildes (p. 229):

»Quelques cristaux en débris présentent des corrosions et des infiltrations vermiculées, à aspect caractéristique.«

In dem französischen Fundamentalwerk unterscheiden Fouqué und Michel Lévy² ganz scharf diese Gebilde als »quartz vermiculée« von dem eigentlichen Mikropegmatit, bei welchem die in Feldspat eingewachsenen Quarzstengel gewöhnlich geradlinig begrenzt sind, und beschreiben sie als »formes hieroglyphiques à contours courbes ou des apparences vermiculaires«.

Als »Quartz vermiculaire« erscheint diese Bildung dann sehr häufig in der französischen petrographischen Literatur.

Wie man aus den Beschreibungen ersieht, faßt M. Lévy³ diese Gebilde als Ergebnis einer Korrosion des älteren Plagioklases durch das Magma, das den jüngeren Orthoklas produziert.

J. Romberg⁴ hat bei der Beschreibung argentinischer Granate die Aufmerksamkeit auf allerhand Quarz- und Feldspatbildungen gelenkt, für die ihm sekundäre Bildungsweise wahrscheinlich dünkte. Hierunter befindet sich unzweifelhaft auch Myrmekit, den er, einem Gebrauche Rosenbusch' folgend granophysische Verwachsung von Feldspat und Quarz nennt. Er gibt eine Anzahl gute Abbildungen (Taf. IX, Fig. 15, 16, 17, 18). Die Beschreibungen Romberg's heben manche Momente richtig hervor, so das Auftreten der Verwachsungen an den Rändern der Mikroklin durchschnitte. Die Gründe, die er dafür vorbringt, daß diese Gebilde Produkte der Verwitterung seien, sind nicht zwingend. Allerdings folgen den gekerbten Säumen von Myrmekit um Kalifeldspat öfters in etwas verwitterten Graniten trübe Verwitterungszonen. Das röhrt aber davon her, daß die Verwitterung auf allen Trennungsfugen zwischen den Gesteinskomponenten angreift. Es gibt Myrmekit in ganz unverwitterten Gesteinen.

Bei der Beschreibung der Tonalite der Rieserferner hatte ich Gelegenheit, mich über diese Gebilde zu äußern, die mir schon viel länger bekannt waren. Ich lernte diese Objekte, die wir jetzt Myrmekit nennen, zuerst kennen beim Studium von Granitgneisen aus dem niederösterreichischen Waldviertel.¹ Ich beschrieb den Myrmekit damals, wie folgt:

»Der Quarz findet sich (in Augengneis zwischen Krems und Stein) auch in sehr schönen pegmatischen Verwachsungen mit Feldspat, welche an der Ausfüllung der Zwischenräume zwischen den Feldspataugen einen großen Anteil haben. Diese Verwachsungen bestehen aus rundlichen Körnern von Feldspat, welche oft zu mehreren traubig aggregiert sind. Jedes Korn ist von einem System im ganzen radial verlaufender, gebogener und verästelter Quarzstengel durchwachsen.«

Diese Beschreibung ist noch etwas mangelhaft. Es wäre zu ergänzen, daß die rundlichen Feldspatkörper stets aus saurem Plagioklas bestehen, ferner daß die Myrmekitkörper stets an Kalifeldspat gebunden sind, in dessen Rinde sie sich in der Regel einsenken, und daß die Gruppen von Quarzstengeln

¹ Bull. Soc. Géol. de France 8^e série, tome III, 1874.

² Mineralogie micrographique, 1879, p. 193.

³ Julius Romberg, Petrographische Untersuchungen an argentinischen Graniten. Neues Jahrb. f. Min., B. Bd. VIII, 1892.

⁴ Die Gneisformation des niederösterreichischen Waldviertels. Tschermak's Min. u. petr. Mitt. IV, 211, auch 201 und sonst passim (1881).

in der Richtung gegen das Innere des Kalifeldspates divergieren, als ob das ganze Gebilde vom Rande her in den Kalifeldspat hineingewachsen wäre. Ebenso ist die Konvexität der Plagioklaskörner immer dem Kalifeldspat zugekehrt.

Der Beschreibung dieser Gebilde in der Arbeit über den Tonalit der Rieserferner¹ ist nicht mehr viel hinzuzufügen, obwohl ich die Deutung, die ich dort befürwortete, nicht mehr aufrecht erhalten kann. Ich hatte das, was Sederholm später Myrmekit nannte, dort als »Mikropegmatitzapfen« bezeichnet und als letzte magmatische Ausscheidungen aufgefaßt. Ich hatte zwar den Unterschied gegenüber den eigentlichen Mikropegmatit-Bildungen bemerkt, aber beides für Bildungen derselben Art gehalten.

In derselben Weise wurde auch der Myrmekit in den Gesteinen der südkärntnerischen Aufbruchzone von H. Graber² aufgefaßt. Die Beobachtung, daß rings von Mikroklin umschlossene Plagioklaskörner einen Saum von Myrmekit aufweisen, was Graber auch abbildete,³ wurde dahin zu erklären versucht, daß das Plagioklaskorn über oder unter der Schliffebene doch mit dem Rande des Mikroklinkorns zusammenhänge.

Inzwischen hatte K. Futterer⁴ vorzügliche Abbildungen dieser Gebilde publiziert und beobachtet daß die schönsten Mikropegmatitzapfen-Myrmekite (er bezeichnet sie als granophyrische Verwachsungen wie J. Romberg) auch von Sprüngen aus in den Feldspat hineinwuchern. Er betont auch ihr reichliches Auftreten im Streckungshof der großen Mikroklinkörner des dynamometamorphen Granitporphyrs.⁵ Weniger klar sind die Beschreibungen dieser Gebilde, und die Angabe, daß es sich um granophyrische Verwachsung von zweierlei Feldspat handle, ist entschieden unrichtig.

Futterer sieht in diesen Gebilden die Ausfüllung von Hohlräumen, die bei der Zertrümmerung und Streckung des Gesteins durch Gebirgsdruck entstehen; das halte ich für unrichtig.

Im Jahre 1899 veröffentlichte J. J. Sederholm⁶ eine interessante Studie über das Grundgebirge von Finnland. Zweimal kommt er hier auf diese Gebilde zu sprechen, die er mit dem Namen Myrmekit belegt. P. 108 spricht er von Orthoklaskörnchen, die an der gegenseitigen Grenze der Feldspate zum Teil als sie durchziehende Schnürchen auftreten und mit radialstrahlig angeordneten, wurmartig gekrümmten Quarzstengeln (Quartz vermiculaire von Michel Lévy) verwachsen sind. P. 112 gibt er in Figur 62 und 63 gute Abbildungen dieser Verwachsung und schildert das Auftreten der »warzenähnlichen Verwachsungen zwischen Feldspat, ganz vorwiegend Oligoklas, und wurmartig gekrümmten Quarzstengelchen«.

Er unterscheidet diese Gebilde scharf von dem echten Mikropegmatit, von dem sie auch genetisch verschieden sind. Er findet, daß Myrmekit in reicher Menge dort auftritt, wo sich Mörtelstruktur (Törnebohm) entwickelt hat. Doch unterscheidet sich diese Mörtelstruktur von derjenigen, welche man in Graniten antrifft, die eine vorwiegend mechanische Metamorphose durchgemacht haben. »Es scheint somit der Myrmekit nur metamorph, und zwar bei solchen Prozessen gebildet zu werden, welche der Kontaktmetamorphose nahe stehen, also bei erhöhter Temperatur und Vorhandensein von reichlichen Lösungsmitteln.«

¹ Petrographische Studien am Tonalit der Rieserferner. Tschermak Min. petr. Mitt., XIII, 411.

² H. Graber, Die Aufbruchzone von Eruptiv- und Schiefergesteinen in Südkärnten. Jahrbuch der geol. Reichsanst. 47. 1897.

³ L. c. p. 261.

⁴ Über Granitporphyr von der Griesscharte in den Zillertaler Alpen. Ein Beitrag zur Kenntnis dynamometamorpher Strukturen. N. J. f. Min., Bd. IX, 1894.

⁵ Das Gestein der Griesscharte ist in der Tat eine Apophyse am Westende der großen Zentralgneismasse des Zillertaler Hauptkammes. Dasselbe Gestein tritt im Schlegeistal auf der westlichen Tallehne als Randzone des Tonalitkernes auf. Die Bezeichnung als Granitporphyr ist etwas gesucht. Ohne Schieferung wäre es ein porphyrtiger Granit, aber kaum ein Granitporphyr.

⁶ J. J. Sederholm, Über eine archäische Sedimentformation im südwestlichen Finnland. Bull. Comm. Géol. de la Finlande, Nr. 6, 1899.

In neuerer Zeit hat sich gelegentlich W Bergt¹ mit dem Myrmekit beschäftigt. Er findet keine Veranlassung, Gebilde in körnigem Gneis, die mit Sederholm's Myrmekit identisch sind, für sekundär zu halten. »Sein den übrigen Gemengteilen durchaus gleichartiges Auftreten läßt ihn als eine dem Mikropegmatit entsprechende ursprüngliche Verwachsungsform erscheinen.« Diese Aussage kann richtig oder unrichtig sein; es kommt auf die Definition dessen an, was man unter ursprünglich verstehen will. Entschieden unrichtig ist es aber, wenn gesagt wird, daß Sederholm die in Rede stehenden Verwachungen zuerst beschrieben hätte. In der Beschreibung hat Sederholm mindestens 3 bis 4 Vorgänger gehabt.

In letzter Zeit hat Petrascheck² dem Myrmekit ein eigenes Kapitel gewidmet gelegentlich der Untersuchung von Gesteinen der Brixener Masse und ihrer Randbildungen.

Er diskutiert eingehend die über Myrmekit aufgestellten Ansichten, stellt die eigenen Beobachtungen zusammen, unter denen insbesondere von Wichtigkeit ist, daß die Myrmekitsäume sich nur dort entwickeln, wo Plagioklas an Kalifeldspat grenzt, und dort ausbleiben, wo Plagioklas oder Kalifeldspat an Quarz grenzen, daß ferner hie und da ein äußerster Saum der Myrmekitrinden (äußerst in der Richtung gegen den Kalifeldspat hin genommen) aus fast reinem Albit besteht, identisch mit den größeren perthitischen Albitspindeln des Kalifeldspates, und daß dieser Albitsaum frei ist von den Quarzstengeln.

Bezüglich der Bildungsweise des Myrmekits diskutiert er verschiedene Möglichkeiten: Aussonderung eines Gehaltes von Quarz und Plagioklas, der ursprünglich am Kalifeldspat gelöst gewesen sei nach Art einer festen Lösung; Reaktion zwischen Kalifeldspat und Plagioklas; direkte Erstarrung als letzter Magmarest. Keine von diesen Aussichten läßt alle Erscheinungen befriedigend erklären. Auf jeden Fall aber halten wir den Myrmekit für eine primäre und magmatische Bildung.«

Wir werden dem Myrmekit in den später folgenden Gesteinsbeschreibungen oft begegnen. Als allgemeines Resultat ergibt sich folgendes:

1. Der echte Myrmekit besteht aus halbrunden oder kegelförmigen oder krustenartigen Wucherungen von Plagioklas mit wechselndem, aber meist niedrigem Anorthitgehalt, welche von gekrümmten, bisweilen verästelten Quarzstengeln durchwachsen werden. Die Quarzstengel erweisen sich in der Regel auf größere oder kleinere Strecken als Teile desselben Individuums.
2. Myrmekit findet sich ausschließlich in Zusammenhang mit Kalifeldspat (Mikroklin), und zwar am häufigsten in die Rinde der Mikroklinkörner eingesenkt, bisweilen umsäumt er auch darin eingeschlossene Plagioklase und siedelt sich auch auf Klüften und Sprüngen des Kalifeldspates an.
3. Es besteht kein konstantes Verhältnis zwischen der Größe des Kalifeldspates und der an seinem Rande auftretenden Myrmekitzone. Man kann also den Myrmekit nicht auffassen als eine Ausscheidung von Substanzen, die im Kalifeldspat etwa nach Art einer festen Lösung vorhanden waren. Es kann Myrmekit den Kalifeldspat auch völlig verdrängen.
4. Der Feldspat der Myrmekitkörper hat keine gesetzmäßige Orientierung zum Kalifeldspat, in den er eingesenkt ist, aber er erweist sich häufig als eine Fortwachsung angrenzender Plagioklase. Diese Fortwachslungen scheinen sich selten an den *P*-Flächen des Plagioklasses zu entwickeln, häufig dagegen an den Vertikalkanten und an den *y*-, *o*- und *x*-Flächen. Nur wenn Myrmekit als Fortwachsung an orientierten Plagioklaseinschlüssen auftritt, ist er natürlich so wie diese auch parallel zum Wirt orientiert.

¹ W. Bergt, Zur Geologie des Coppename- und Nickerietales in Surinam (Holländisch-Guyana). Samml. des Geolog. Reichsmuseums zu Leiden, Serie 11, Bd. II, Heft 2.

² W. Petrascheck, Über Gesteine der Brixener Masse und ihrer Randbildungen. Jahrbuch der Geol. Reichsanst. 54 (1904), 47. Denkschriften der mathem.-naturw. Kl. Bd. LXXV.

5. Der Myrmekitfeldspat grenzt sich gegen den Kalifeldspat stets durch konvexe Flächen ab und die Quarzstengel sind divergent strahlig und ungefähr normal zu dieser Oberfläche gestellt. Hierdurch wird der Eindruck geweckt, als würde der Myrmekit stets einwärts in den Kalifeldspat hineinwachsen. Die Grenzfläche zwischen Kalifeldspat und Myrmekit erscheint in frischen Gesteinen vollkommen scharf, bisweilen etwas gekerbt oder gezähnelt.

6. Die Myrmekitbildung scheint älter zu sein als die Bildung von Muscovit und Epidot aus Plagioklas. Denn man trifft bisweilen Gesteine, in denen die Myrmekitkörner ähnlich wie die Gesteinsplagioklase mit Schüppchen von Kaliglimmer und kleinen Epidotnadeln durchsetzt sind.

Wenn in einem Gestein, dessen Kalifeldspate mit Myrmekit umsäumt sind, sich um die Feldspate Gleitflasern von Muscovit entwickeln, so schneiden diese an den der Schieferung parallelen Flächen der Feldspatkörper den Myrmekit von seiner Unterlage ab. Die Myrmekitkörner bleiben im Feldspatauge sitzen. In den Streckungshöfen können sich die Myrmekitkörner wohl von dem zugehörigen Feldspatauge abtrennen und sich zu mehreren anhäufen.

7. Die Zusammensetzung des Plagioklasgrundes im Myrmekit schwankt, wie es scheint, mit der chemischen Zusammensetzung des Gesteins. Durch Vergleich der Lichtbrechung mit den Quarzstengeln lässt sich die Bestimmung leicht vornehmen.

So fand ich:

In der aplitischen Randfacies des Tonalits der Rieserferner

$$\varepsilon > \gamma' . \omega > \alpha' . \omega = \gamma' . \varepsilon > \alpha'$$

sauren Oligoklas.

Im mikroklinreichen Randgranitit derselben Gesteins

$$\varepsilon > \gamma' . \omega = \alpha' . \omega > \gamma' . \varepsilon > \alpha'$$

basischen Oligoklas.

Im Kerntonalit des Reinwalds

$$\omega < \gamma' . \varepsilon = \alpha'$$

basischen Andesin.

Hermann Graber fand im Tonalit von Wistra

$$1. \varepsilon < \gamma' . \omega < \alpha' . \omega < \gamma' . \varepsilon = \alpha'$$

basischen Andesin.

$$2. \omega = \alpha' . \omega < \gamma'$$

sauren Andesin.

Im Granitit von Südkärnten

$$\omega > \alpha' . \omega = \gamma' . \varepsilon > \alpha'$$

sauren Oligoklas.

Petrascheck fand im Granitit von Mauls

$$\varepsilon > \gamma' . \omega > \alpha' . \omega \equiv \gamma' . \varepsilon > \alpha'$$

sauren Oligoklas.

Im Pegmatit

(Quarzfrei) nach der Auslöschungsschiefe im Schnitt $a - 14^\circ$ fast reinen Albit.

8. Die Quarzmenge im Myrmekit unterliegt Schwankungen, und zwar scheint sie um so größer zu sein, je reicher der Plagioklas des Myrmekits an Anorthitsubstanz ist. (Vergl. die Angaben weiter unten.)

Aus der^{er} Zusammenstellung der verfügbaren Daten scheint hervorzugehen, daß die Zusammensetzung des Myrmekits einigermaßen abhängt von der Gesamtzusammensetzung des Gesteins und daß um so anorthitreicherer Plagioklas zur Bildung kommt, je kalkreicher das Gestein.

In der Tonalitarbeit habe ich mich zwar mit einer gewissen Lebhaftigkeit gegen die Annahme einer sekundären Bildung des Myrmekits ausgesprochen, ich kannte aber damals noch nicht die häufigen Fälle, wo Myrmekit mitten in den Kalifeldspaten steckende Plagioklase umsäumt, die doch wohl nicht alle in der Weise erklärt werden können, wie dies Graber unter dem Eindruck meiner Darstellung versucht hat. Diese Fälle sind zu häufig, als daß man den Zusammenhang mit der Rinde des Kalifeldspates über oder unter der Schlifffläche suchen dürfte.

Endlich gibt es Fälle, wo ohne Zweifel von Sprüngen aus Myrmekit sich in den Kalifeldspat einfrisst. Ein sehr deutlicher Fall dieser Art ist in Fig. 6, Taf. 1, abgebildet.

Ich muß daher jetzt annehmen, daß der Kalifeldspat früher vorhanden war und der Myrmekit sich in dem schon fertigen Kalifeldspat unter Verdrängung desselben gebildet hat. Insofern hat J. Romberg richtig beobachtet und geschlossen. Als Verwitterungsprodukt möchte ich ihn allerdings nicht bezeichnen.

Auch für ein Erzeugnis der Kataklase, worauf Futterer's Ansicht hinausläuft, kann ich den Myrmekit nicht halten. Denn er spielt bei deutlich katalastischen Strukturen eine ganz passive Rolle und findet sich namentlich auch in Gesteinen, welche von Kataklase sonst frei sind.

Nicht zu erkennen sind seine Beziehungen zur Krystallisationsschieferung. Mit dieser ist er durchaus verträglich; nur ist hervorzuheben, daß er auch in Gesteinen auftritt, die von Schieferung überhaupt frei sind.

Gesteine mit ganz reinen Erstarrungsstrukturen scheint er zu meiden, wie schon Sederholm für die Rapakiwigesteine hervorhebt. Ich kann angeben, daß ich ihn in Schliffen von Granit von Predazzo vergeblich gesucht habe. Auch in Schliffen des Granits vom Brocken habe ich ihn nicht finden können.

Die Myrmekitbildung ist wohl auf Tiefengesteine und krystallinische Schiefer beschränkt.

In eigentlich vulkanischen Gesteinen dürfte sie kaum vorkommen. In Kontaktgesteinen kann Myrmekit dann vorkommen, wenn sie Kalifeldspat führen.

Mit dem eigentlichen Mikropegmatit, dessen Natur als Eutektikum von Feldspat und Quarz zuerst von Teall auf Grund des Auftretens der Beschriftenheit befürwortet, in neuerer Zeit von Vogt mit guten Gründen gestützt wird, hat der Myrmekit vieles gemeinsam. Es kann wohl aus der ganzen Beschriftenheit dieser Gebilde mit Recht gefolgert werden, daß Plagioklas und Quarz sich gleichzeitig gebildet haben. Ein Unterschied liegt darin, daß im Mikropegmatit die Quarzstengel häufig geradlinige Umrisse zeigen, im Myrmekit dagegen gebogene runde Formen die Regel sind.

Mikropegmatit füllt Lücken im Gesteinsgewebe zwischen älteren Gemengteilen, die vom magmatischen Eutektikum eingenommen waren, hat daher keine selbständigen Grenzen; Myrmekit frisst sich in bereits vorhandene Kalifeldspate ein und ist gegen diesen durch konvexe, bisweilen etwas gekerbte oder gezähnelte scharfe Grenzen geschieden.

Wenn man aus diesen Tatsachen einen Schluß ziehen dürfte, so ist es der, daß die Myrmekitbildung sich in einer Phase der Gesteinsbildung zu vollziehen scheint, die sich unmittelbar an die Erstarrung anschließt, also zu einer Zeit, wenn die Temperatur noch der Erstarrungstemperatur nahe steht und noch Lösungsmittel im Gestein vorhanden sind.

Man müßte annehmen, daß Kalifeldspat nicht mehr bestandfähig wird, daß die Lösungsmittel Na, Ca herbeiführen, K fortnehmen, das vielleicht gleichzeitig zur Glimmerbildung verarbeitet wird, deren Spuren man ja vielfach in den Gesteinen antrifft.

Ist dieser Gedankengang richtig, so sollte die Quarzmenge in den Myrmekitkörnern in einem gewissen Verhältnis stehen zu dem Anorthitgehalt des Myrmekitkernes. Beim Austausch von Na für K, würde ja die ganze SiO_2 -Menge des Kalifeldspates für die Albitbildung aufgebraucht. Dagegen wird beim Ersatz von K durch Ca ein Teil der Kieselsäure in Freiheit gesetzt und der Myrmekit sollte um so quarzreicher sein, je reicher sein Plagioklas an Anorthitsubstanz ist.

In der Tat sind die äußersten Säume der Myrmekitkörper im Granit von Grasstein, wie Petrascheck zeigte, quarzfrei. Den entgegengesetzten Fall bilde ich hier in einem Myrmekit ab, der in Granitgneis von Stillup beobachtet wurde. Hier nehmen manche Myrmekitkörper an der inversen Zonenstruktur teil (nicht alle). Der innere Teil besteht aus Oligoklas-Albit ($\gamma' < \omega$) der äußere Saum aus Oligoklas ($\gamma' = \omega$); der Unterschied in der Menge der eingewachsenen Quarzstengel springt in die Augen (Taf. 2, Fig. 21).

In einem anderen Schliff desselben Gesteins besteht das hier deutliche Zwillingstreifung tragende Plagioklaskorn aus Oligoklas-Albit. Die Zahl der Quarzstengel ist ziemlich gering (Taf. 2, Fig. 20). In Tonalit vom Reinwald bestehen die Myrmekitpartien, welche hier häufig die kleinen Kalifeldspatkörper ganz zu verdrängen scheinen, aus Andesin ($\varepsilon = \alpha'$), ($\omega < \gamma'$). Die Menge der Quarzstengel ist augenscheinlich größer. (Taf. 2, Fig. 22.)

Die Quarzmenge im Myrmekit exakt zu messen ist allerdings schwierig. Doch findet man Stellen, wo die Quarzstengel beiläufig gerade und parallel laufen.

Im Granitgneis von Stillup fand ich an solchen Stellen das Verhältnis der Breite der Quarzstengel zu der Breite der dazwischen liegenden Feldspatpartien wie 1:4 oder 1:5, bei Myrmekit des Tonalites aus Andesin bestehend, wie 1:2 oder 1:1 $\frac{1}{2}$.

Diese approximativen Zahlen sind zu einer Ausrechnung des Mengenverhältnisses nicht recht tauglich, da ja der Querschnitt der Quarzstengel zu unregelmäßig ist. Immerhin deuten sie einen nicht unbedeutlichen Unterschied in dem Sinne an, daß der Myrmekit um so quarzreicher wird, je reicher sein Plagioklas an Anorthitsubstanz.

Die Sache verdient jedenfalls genauer geprüft zu werden und ich behalte mir vor, am Schluß unserer Untersuchungen nochmals auf diese Frage zurückzukommen.

Die hier dargelegte Auffassung des Myrmekits dürfte mit manchen Erscheinungen in Einklang stehen, die darauf hindeuten, daß ein in Erstarrung befindliches granitisches Gestein die Fähigkeit hat, an die Umgebung K abzugeben und im eigenen Gesteinsgewebe K-haltige Minerale entstehen zu lassen. (Biotitbildung in den Kontaktgesteinen, Biotitbildung aus Hornblende, Muscovitbildung im Granit selbst).

Nicht aufgeklärt ist, woher Na und Ca stammen, die dem Kalifeldspat zugeführt werden müssen, um Myrmekit zu erzeugen. Man könnte allenfalls an eine Lösung denken, die die Bestandteile der Plagioklase enthielte.

Anhang.

Beobachtungen über die optische Orientierung bestimmter Plagioklasmischungen.

Im folgenden sind jene Einzelbeobachtungen zusammengestellt, welche bei der Konstruktion der Projektionen bestimmter Plagioklasttypen Verwendung fanden, auf denen also die Bestimmungsdiagramme beruhen.

Albit.

Die Bestimmung der Lage der optischen Achsen am Albit von Amelia ergab:¹

$$A \quad \varphi = -49\frac{1}{2}^\circ, \lambda = +64\frac{3}{4}^\circ \quad B \quad \varphi = -47\cdot9^\circ, \lambda = 78\cdot8^\circ$$

¹ F. Becke, Optische Orientierung des Albit von Amelia, Virginia. Tschermaks M. P. Mitt., XIX, 321 (1900).

Die Brechungsexponenten wurden gefunden:

$$\begin{aligned}\alpha &= 1 \cdot 5285 & \gamma - \alpha &= 0 \cdot 0102 \\ \beta &= 1 \cdot 5321 \\ \gamma &= 1 \cdot 5387\end{aligned}$$

Die Auslöschungsschiefen auf den 3 wichtigsten Schnitten sind (in Klammern stehen die aus der Achsenposition berechneten Werte):

$$\begin{aligned}M &= + 20^\circ \quad (19 \cdot 8) \\ P &= + 4^\circ \quad (3 \cdot 2) \\ a &= - 14^\circ \quad (14)\end{aligned}$$

Die chemische Zusammensetzung des optisch untersuchten Materials¹ ergab einen Anorthitgehalt von zirka 5%.

Oligoklas-Albit.

Für diesen Typus standen zur Verfügung: meine Bestimmungen an Oligoklas-Albit von Sobot und Wilmington,² ferner die von H. Tertsch an einem vorzüglichen Material von Bamle.³ Die Zusammensetzung der ersten beiden Plagioklase, die schon Max Schuster untersuchte, ist bekannt.⁴ Der Plagioklas von Bamle dürfte den Oligoklas-Albiten von Sobot und Wilmington sehr nahe kommen, aber etwas reicher an Anorthitsubstanz sein.

Nimmt man das Mittel der drei Orientierungen, so kann man den mittleren Anorthitgehalt mit 13% annehmen.

	Anorthitgehalt	φ	A	λ	B
Sobot	12·5%	—46·5°	+ 66·5°	+ 47·5°	+ 86·5°
Wilmington . . .	13·5%	—45·6°	+ 66·9°	+ 47·9°	+ 85·9°
Bamle ?	?	—45°	+ 68°	+ 47·1°	+ 83·9°
Mittel .	13°	—45·7°	+ 67·1°	+ 47·5°	+ 85·4°
Abgerundet .		—46°	+ 67°	+ 47½°	+ 85½°.

Von Bestimmungen der Brechungsexponenten liegen vor:

	α	β	γ	$\gamma - \alpha$
Sobot	1·5337	1·5376	1·5429	0·0092
Bamle	1·5346	1·5385	1·5433	0·0087
Mittel .	1·5341	1·5381	1·5431	0·0090

¹ Franz Erben und L. Ceipek, Analyse des Albit von Amelia. M. P. Mitt., XX, 85, (1900).

² F. Becke, Optische Orientierung des Oligoklas-Albit. M. P. Mitt., XX, 55 (1900).

³ H. Tertsch, Optische Orientierung von Feldspaten der Oligoklasgruppe. M. P. Mitt., XXII, 159 (1903).

⁴ Analyse des Plagioklas von Soboth in Steiermark von A. Smita. Min. Mitt. (1877), 265. — Analyse des Plagioklases von Wilmington von Teclu. Ebenda (1871), 55.

Auslöschungsschienen (in Klammern die aus der Achsenposition abgeleiteten):

Mittel der Beobachtung . + 2° 7'

Berechnet aus der mittleren Achsenposition . + 2°

Oligoklas.

Von Oligoklas wurden dem verfügbaren Material entsprechend, 2 Typen aufgestellt:

	I.	A	B		
Anorthitgehalt	ϵ	λ	φ	λ	
Oligoklas von Ytterby ¹	?	$-41\frac{1}{2}^{\circ}$	$+ 68^{\circ}$	$+ 43^{\circ}$	$+ 71\frac{1}{2}^{\circ}$
Bakersville ²	22%	-42°	$+ 70\cdot 4^{\circ}$	$+ 45^{\circ}$	$+ 68^{\circ}$
Abgerundetes Mittel	20%	-45°	$+ 69^{\circ}$	$+ 44^{\circ}$	$+ 70^{\circ}$

Auslöschungsschleifen (aus der Achsenposition abgeleitete in Klammern):

Aus der mittleren Achsenposition . . . f_{Comp} . . . + 1° + 6° $-1 \frac{1}{2}$ °

Brechungswinkel	α	β	γ	$\gamma - \alpha$
Bakersville	1.5388	1.5428	1.5463	0.0075

Oligoklas von Twedestrand:

Orientierung der Achsen:

	Anorthitgehalt	<i>A</i>	<i>B</i>		
		φ	λ	φ	λ
Becke ⁵	—	$-40\cdot4^\circ$	$+73\cdot7^\circ$	$+41\cdot0^\circ$	$+60\cdot1^\circ$
Tertschek ⁶	25%	$-39\cdot8^\circ$	$+70\cdot8^\circ$	$+40\cdot9^\circ$	$+59\cdot4^\circ$

Mittel abgerundet 25% -40° $+ 72^\circ$ $+ 41^\circ$ $+ 60^\circ$

¹ Unveröffentlichte Beobachtung an einem Exemplar der Prager Universitätssammlung. Die chemische Zusammensetzung dürfte merklich weniger als 20% An-Gehalt entsprechen.

² H. Tertsch, l. c.

³ Beobachtung von Max Schuster.

¹ Beobachtung von Offret.

⁵ Unveröffentlichte Beobachtung an einem Exemplar der Prager Sammlung.

6 L. c.

Auslöschungsschäifen:

	<i>M</i>	<i>P</i>	<i>a</i>
Becke ¹ beob.	+ 2·2°	+ 1°	--
Tertsch beob.	+ 2—4 $\frac{1}{2}$ °	+ $\frac{1}{2}$ —1°	+ 7°25'
Aus der mittleren Achsenposition . . .	+ 3°	+ 0·7°	+ 7°

Brechungsexponenten:

	α	β	γ	$\gamma - \alpha$
Becke ¹	1·541	1·545	1·549	0·008
Tertsch	1·5417	1·5458	1·5490	0·0073

Spezifisches Gewicht des untersuchten Materials:

Becke	2·653
Tertsch	2·661.

Andesin

Bis jetzt gibt es noch keine nach zuverlässigen Methoden durchgeführte Orientierung von Andesin an chemisch bestimmtem Material. M. Lévy² begnügte sich, die Orientierung von Andesin durch Interpolation zu ermitteln, und Wülfing³ ist ihm hierin gefolgt. v. Fedorow⁴ gibt zwar die Orientierung von Andesinen nach Beobachtungen, aber die Zusammensetzung dieser Andesine ist unbekannt.

Meine Bemühungen, an den von Max Schuster hinterlassenen Materialresten von Andesin aus dem Porphyrit vom Dep. Var, dessen Zusammensetzung (zirka 38 bis 39% An) von Sipöcz bestimmt worden war, die Orientierung zu ermitteln, sind bisher gescheitert. Ich konnte nur einen für die Orientierung allerdings wichtigen Winkel bestimmen, nämlich den Winkel der zwei ungleichen Achsen in einem Albitzwillig AB' . Ich fand ihn:

$$AB' = 36^\circ.$$

Dagegen standen mir Dünnschliffe von mehreren ausgezeichneten granitporphyrischen Daciten des Vlegyaszastockes von Nagy-Sebes und Kis-Sebes zur Verfügung, die einen sehr ähnlichen Andesin führen.⁵

Ich stand nun vor der Aufgabe, mit den mir geläufigen Beobachtungen im konvergenten Licht an den zufälligen Schnitten, wie sie der Dünnschliff darbietet, die Orientierung zu bestimmen.

Das Material ist hiezu nicht ungünstig, da reichliche Zwillingsbildung vorhanden ist und die Einsprenglinge des Dacits vom Vlegyaszastock keine sehr auffallende Zonenstruktur besitzen. Nur die äußerste schmale Randzone zeigt die normale Zonenfolge von anorthitreicherer zu anorthitärmerer Mischung, der Kern erscheint viel homogener als die Andesine vom Dep. Var.

¹ Unveröffentlichte Beobachtung an einem Exemplar der Prager Sammlung.

² Etude sur la détermination des Feldspaths, I. Paris 1894, p. 26, Taf. IV.

³ Rosenbusch-Wülfing Mikroskopische Physiographie, Bd. 1, 2. Hälfte, p. 340, Taf. XVII.

⁴ Zeitschr. f. Kryst. 22.

⁵ Vergl. Max Schuster in Tschermak's Min. petr. Mitt., III, p. 181.

Nun ist es in der Tat, wenn eine größere Zahl von Durchschnitten zur Verfügung steht, gar nicht schwer, die Orientierung eines Plagioklases durch konoskopische Beobachtungen mit einem genügenden Grade von Genauigkeit zu ermitteln. Im allgemeinen läßt sich das ja leicht verstehen. Die optische Orientierung eines Krystalls ist bekannt, wenn man ermittelt hat: die Lage der Achsenebene gegen das krystallographische Projektionsbild; hiezu sind offenbar zwei Daten hinreichend: der Winkel, den die Achsenebene mit irgend einer Krystallfläche einschließt, und die Lage der Durchschnittslinie von Achsenebene und Krystallfläche). Ferner die Lage einer der Mittellinien und einer der Achsen in der so bestimmten Achsenebene. Dies sind wieder zwei voneinander unabhängige Daten (statt Mittellinie und Achse könnten auch beide Achsen ihrer Lage nach ermittelt werden). Im ganzen sollten also vier voneinander unabhängige Beobachtungen genügen, um die Orientierung festzulegen. Verfügt man über mehr, so erhielt man eine Kontrolle der Bestimmung.

Beim Andesin liegen die Verhältnisse derart, daß man leicht folgende Beobachtungen anstellen kann.

In den Schnitten von Albitzwillingen senkrecht zu α (senkrecht zu M und P) sieht man in beiden Individuen das Bild der Mittellinie α . Indem man im Mikrokonskop erst das eine, dann das andere Individuum in die Normalstellung bringt, erhält man mit ziemlich großer Genauigkeit den Winkel, welchen die Achsenebenen beider Individuen miteinander einschließen. Ich fand an verschiedenen Schnitten für diesen Winkel $46\cdot4^\circ$. Die Hälfte davon ist dann der Winkel, den die Achsenebenen mit dem Pol der Zwillingsebene — M bilden.

In denselben Durchschnitten kann man mittels Camera lucida und Zeichentisch den Winkel zwischen den beiden Mittellinien α und α' bestimmen. Er wurde in verschiedenen Schnitten gleich 6° , $3\frac{1}{2}^\circ$, 6° , 5° , im Mittel gleich 5° gefunden. Hieraus folgt für den Abstand der Medianzone von α $2\frac{1}{2}^\circ$. Damit sind zwei Beobachtungen gemacht und zwei Daten gewonnen.

In Schnitten, die senkrecht oder nahe senkrecht zu einer optischen Achse liegen, kann man den Winkel $2V$ bestimmen.¹ Im vorliegenden Falle waren Messungen nicht nötig; in der Diagonalstellung erschien der Achsenbalken so merklich gerade gestreckt, daß mit der Annahme $2V = 90^\circ$ sicher kein großer Fehler verbunden ist. — Dritte Beobachtung.

Trägt man nach den bisherigen Beobachtungen die optischen Achsenebenen, die Mittellinien und die optischen Achsen ein, so fehlt offenbar nur noch eine Beobachtung, um das im Projektionskreis noch schwankende System zu fixieren.

Hiezu sind geeignet Schnitte von Karlsbader Zwillingen, welche in beiden Individuen die Achse A einstellen lassen. Man erhält hierdurch den Winkel, welchen die Achse A mit der durch die Normalen der Prismenflächen gelegten Zonenebene [001] einschließt, und braucht nur die Achsenebene mit den eingetragenen Achsen A_1A_2 und Mittellinien α, γ so lange um den Punkt M (010) zu drehen, bis A in den verlangten Abstand kommt. Dieser Winkel A_1A_2 wurde gefunden zu 14° .

Die gewonnene Orientierung kann dann durch andere Beobachtungen geprüft und verbessert werden.

Auf diesem Wege wurde für Andesin nach Beobachtungen an Schliffen von Nagy- und Kis-Sebes die folgende Orientierung der optischen Achsen ermittelt.

Andesin vom Vleygasazstock.

Orientierung der optischen Achsen:

A	B
φ	φ
-43°	$+ 38^\circ 5^\circ$
λ	λ
$+ 80^\circ$	$+ 36^\circ 5^\circ$

¹ Tschermak's Min. petr. Mitt., Bd. 24, H. 1, 2.

Auslöschungsschäfen:

$$P - 1 \cdot 4^\circ \quad M - 6^\circ \quad a + 23^\circ$$

An dem jedenfalls sehr nahestehenden Andesin von Dep. Var hat Max Schuster beobachtet: $P - 1$ bis $-3 \cdot 6^\circ$, $M - 4^\circ 30'$ bis 8° . Die Auslöschungsschäfe in zufälligen Schnitten sehr nahe senkrecht M und P beobachtete ich zu 24° .

Eine weitere Kontrolle bietet der Winkel AB' , der sich aus der Achsenorientierung zu 32° bestimmt, während Messungen an geeigneten Schnitten ergeben:

$$\text{Kis-Sebes } 29\frac{1}{2}^\circ, 33^\circ; \text{ Nagy-Sebes } 32\frac{1}{2}^\circ, 31^\circ, 37^\circ, 33^\circ; \text{ Mittel } 32\frac{1}{2}^\circ.$$

Der analoge Winkel zwischen den ungleichen Achsen eines Peiklinzwillings bestimmt sich aus der Projektion zu 37° . Dieser Winkel wurde an einem Durchschnitt von Nagy-Sebes gemessen $AB\pi = 37^\circ$.

Endlich kann noch der Winkel herangezogen werden, den die Ebenen der optischen Achsen im Karlsbader Zwilling miteinander einschließen.

Indem man im Schnitt, der die optische Achse A in beiden Individuen austreten läßt, einmal das eine, dann das andere Individuum in Normalstellung bringt (Achsenbalken parallel einem Nicolhauptschnitt) findet man den Winkel gleich 87° . Diese Messung kann nicht sehr genau angestellt werden. Die Projektion ergibt ihn zu 80° .

Die Zusammensetzung der von mir untersuchten Andesite aus dem Vleyasza-Stock ist nicht bekannt. Das spärliche Material erlaubte auch keine Analyse. Eine ältere Analyse von Karl Hauer¹ scheint an ziemlich unreinem Material ausgeführt zu sein, und überdies ist es fraglich, ob das analysierte mit dem optisch untersuchten identisch sei. Indessen ist es möglich durch Vergleich mit dem von Schuster untersuchten Plagioklas vom Dep. Var, dessen Zusammensetzung bekannt ist, einen ziemlich guten Schluß auf die Mischung der vorliegenden Dacit-Feldspate zu machen.

Es ist beim Plagioklas von

	Anorthitgehalt	AB'
Twedstrand	25%	9°
Nagy-Sebes	?	32°
Dep.Var	39%	36°

Nimmt man eine ziemlich gleichmäßige Änderung des Winkels AB' an, so kommt man für Nagy-Sebes auf 37% Anorthitgehalt. Diese Zusammensetzung soll für den optisch untersuchten Andesit angenommen werden.

Labrador.

Für Labrador gibt es ziemlich gute Bestimmungen von v. Fedorow und M. Lévy. In neuerer Zeit sind nach zwei verschiedenen und genauen Methoden Bestimmungen von Labradoren vorgenommen worden, welche eine erfreuliche Übereinstimmung ergeben.

¹ Verhld. der Geol. R. A., 1867, 13. Feldspat von Nagy Sebes. SiO_2 57·20, Al_2 25·12, CaO 6·96, MgO Sp., NaO_2 7·28, K_2O 1·87, Glv . 1·68. Summe 100·11.

Die Orientierung der optischen Achsen ist:

	A		B
nach Wülfing ¹	$\gamma = -56^\circ$	$\lambda = +76^\circ$	$\gamma = 35^\circ$
Louczizky ²	$-55^\circ 30'$	$+77^\circ 30'$	$+35^\circ$
Mittel	$-55^\circ 45'$	$+76^\circ 45'$	$+15^\circ$
		35°	$+15^\circ 45'$

Auslöschungsschälen wurden beobachtet von

	M	P	a
Louczizky	18°	-6°	$+28^\circ$

Die Brechungsexponenten hat derselbe gefunden:

α	β	γ	$\gamma - \alpha$
1.5553	1.5583	1.5632	0.0079

Von keinem dieser optisch untersuchten Labradore sind Analysen vorhanden. Beide dürften etwas mehr als 50 Molekularprozent Anorthit enthalten.

Wenn man die Beobachtungen der Auslöschungsschälen im Schnitt senkrecht zu M und P und auf M , P an nahestehenden analysierten Labradoren von Max Schuster heranzieht, so läßt sich die Stellung des im Projektionsbild dargestellten Labradors in der Reihe der Plagioklase ziemlich sicher angeben:

	M	P	α	Anorthitgehalt	Sp. Gew.
Labrador von Ojamo, Schuster	$-16^\circ 40'$	-5°	—		
» » Labrador Schuster	$-17^\circ 28'$	$-5^\circ 18'$	$+26.5^\circ$	51%	2.698
» » Wülfing u. Louczizky	$-17^\circ 15'$	-6°	$+27.7^\circ$?	
» » Kamenoibrod Schuster	$-20^\circ 3'$	$-6^\circ 48'$	—	56%	2.700

Aus dieser Zusammenstellung folgt, daß man für die von Wülfing und Louczizky untersuchten Labradore mit großer Wahrscheinlichkeit den Gehalt von 52 Molekularprozent Anorthitgehalt annehmen kann.

Basischer Labrador.

Von Plagioklasmischungen mit einem Gehalt an Anorthitgehalt zwischen 50 und 75% gibt M. Lévy auf Grund der Untersuchungen von Fouqué die Orientierung an. Im Heft 1 wurde die Zusammensetzung durch die Formel $Ab_3 An_4$ ausgedrückt, später durch $Ab_2 An_3$, entsprechend 60% Anorthit. Für diese Plagioklasmischung gibt M. Lévy eine Orientierung, welche dadurch bemerkenswert ist, daß Achse A nahe an die Prismenzone heranrückt.

Zahlreiche Beobachtungen, die bei verschiedenen Gelegenheiten im Wiener Institut gemacht wurden, ließen nie eine solche Position der A-Achse der basischen Labradore erkennen.

¹ Rosenbusch Wülfing. Mikroskopische Physiographie, Bd. 1, 2. Hälfte, p. 340, Taf. XVIII.

² Tschermark Min. petr. Mitt., Bd. 24.

Nach der von M. Lévy gegebenen Orientierung sollte in einem Karlsbader Zwilling, der ungefähr in der Richtung der (110) oder (130) getroffen ist, in beiden Zwillingsindividuen die Achse A konoskopisch sichtbar werden. Schnitte ähnlicher Lage findet man nicht selten; sie sind an der grauen Polarisationsfarbe, an der verwaschenen Grenze der Lamellen nach dem Albitgesetz leicht kenntlich.

Die Orientierung M. Lévy's würde für den Winkel der gleichnamigen Achsen A des Karlsbader Zwillings, den ich mit $A_1 A_2$ bezeichne, verlangen

$$A_1 A_2 = 4^\circ$$

Ich beobachtete bei solchen Labradoren stets viel größere Winkel. Man kann an solchen Schnitten auch den Winkel messen, den in der Nähe der Achsen A die Achsenebenen der beiden Individuen des Zwillings einschließen.

Es ist wichtig, sich vor Augen zu halten, daß bei basischen Labradoren auch die Achsen B von zwei Individuen 1 und 2' eines Doppelzwillings nach Albit- und Karlsbader Gesetz sich stark nähern und die Ebenen der optischen Achsen sich kreuzen. Doch läßt sich der letztere Fall schon durch die mehr leistenförmige Beschaffenheit der Durchschnitte sowie dadurch unterscheiden, daß bei $B_1 B_2'$ die Symmetrielinie den spitzen Winkel der optischen Achsenebenen teilt, bei $A_1 A_2$ den stumpfen.

Ich gebe hier eine kleine Tabelle von Beobachtungen dieser Art:

	$A_1 A_2$	Winkel der Achsenebenen	Anorthitgehalt
Andesin Kis Sebes	14°	87°	37%
Labrador	15°	118°	52%
Labrador aus Gabbro, Narenta	16·2°	138°	
Labrador aus Basalt, Insel Ustica	11½°	144°	
Desgleichen Insel Alboran	12°	135°	
Gabbro von Langenlois	13°	139°	
Bytownit Närödal	28°	164°	75%
Bytownit Hypersten-Andesit			
Alboran 9	31°	166°	
Alboran 8	30°	171°	
Anorthit Somma ¹	28°	167°	

Zwischen Alboran und Somma geht der Winkel der optischen Achsenebenen in ihrem Kreuzungspunkt in der Nähe von A durch 180° durch, das heißt es gibt einen Plagioklas, bei dem die Ebene der optischen Achsen auf der Prismenzone senkrecht steht, beziehentlich durch die Vertikalachse geht.

An dem Gabbro aus dem Narentatal in Bosnien, der in manchen Varietäten sehr reich an Feldspat ist, habe ich versucht durch Kombination verschiedener Beobachtungen die Orientierung der optischen Achsen zu ermitteln.

Ich fand außer den beiläufig der Prismenzone angehörenden Schnitten, in denen die Achsen A sichtbar werden, häufig leistenförmige Schnitte, in denen die Achsen B in den zwei Lamellen 1 und 2' eines Doppelzwillings sichtbar wurden.

¹ Aus der Position der Achsen.

Wenn man die Achsenpunkte und Achsenebenen, wie sie sich im Gesichtsfeld darbieten, in eine Projektion einzeichnet, so zeigt sich, daß die Achsenebenen sich mit den Strecken zwischen der Achse und der + Mittellinie γ in einem spitzen Winkel schneiden.

Die Entfernung der optischen Achsen wurde gefunden:

B_1B_2'	Winkel der Achsenebenen
$14\frac{1}{2}^\circ$	$69\cdot4^\circ$
12°	$74\cdot5^\circ$
14°	72°
Mittel: $13\cdot5^\circ$	72°

In zwei Schnitten der Prismenzone wurde gefunden

A_1A_2	Winkel der Achsenebenen
$17\frac{1}{2}^\circ$	$138\frac{1}{2}^\circ$
15°	$137\frac{1}{2}^\circ$
Mittel: $16\cdot2^\circ$	138°

Die hier mitgeteilten Zahlen entsprechen 4 voneinander unabhängigen Beobachtungen und ergeben eigentlich schon die optische Orientierung.

Es wurden aber zur Kontrolle noch die weiteren Beobachtungen zu Hilfe genommen:

Auslöschungsschiefe im Schnitt $\perp M, P = 35\cdot2^\circ$. Diese Schnitt zeigen öfter schwach angedeutet eine Zonenstruktur, in den äußeren Schichten geht die Auslöschungsschiefe herunter bis 33° im Mittel.

Auslöschungsschiefe im Schnitt annähernd senkrecht zur Mittellinie $\alpha = 30\cdot6^\circ$.

In einem solchen Schnitt wurde gefunden:

Distanz der Mittellinien α in einem Albitzwilling 25° , Winkel der Achsenebenen zirka 70° .

Aus diesen Beobachtungen leitete ich folgende Position der Achsen ab:

<i>A</i>		<i>B</i>	
φ	λ	φ	λ
-56	$+76$	$+23$	$+8$

Aus diesen Achsenpositionen bestimmen sich die zur Konstruktion benützten Größen wie folgt:

$$\begin{aligned}
 A_1A_2 &= 16^\circ \quad \text{Winkel der Achsenebenen} \quad 142^\circ \\
 B_1B_2' &= 14^\circ \quad \gg \quad \gg \quad \gg \quad 72^\circ \\
 \alpha_1\alpha_1' &= 38^\circ \quad \gg \quad \gg \quad s \quad 60^\circ
 \end{aligned}$$

Ferner die Auslöschungsschäfen:

$$P - 10^\circ, \quad M - 22^\circ, \quad \alpha + 35^\circ, \quad \alpha + 31^\circ, \quad \gamma \text{ gegen } M 34^\circ, \quad \gamma \text{ gegen } P 37\frac{1}{2}^\circ.$$

Die Zusammensetzung dieses Plagioklases ist nicht bekannt. Aus den Auslöschungsschäifen auf *M* und *P* würde nach Max Schuster folgen eine Zusammensetzung von zirka 60% Anorthit. Um noch eine fernere unabhängige Angabe zu haben, ermittelte ich mittels der Immersionsmethode den Brechungsexponenten und verglich die gefundenen Werte mit denen nahe gelegener chemisch bekannten Plagioklase.

Ich fand bei Spaltblättchen den größeren Brechungsexponenten γ' bei

	Anorthitgehalt	γ'
Labrador, Kamenibrod	56%	1·559
» Narenta	?	1·563
Bytownit, Närödal	75%	1·569

Durch Interpolation ergibt sich für den unbekannten Anorthitgehalt von Narenta 63%.

Bytownit.

Für die anorthitreichen Mischungen der Plagioklasreihe stand mir ein kleiner Rest des von G. v. Rath stammenden Materials des Plagioklas von Närödal für Verfügung, an dem ich schon früher die Position der *B*-Achse bestimmt hatte.¹ Mittels Immersion ließ sich an Spaltblättchen nach *M* auch die Position von *A* ermitteln. Ich teilte im Sommer 1904 die gefundenen Zahlen Herrn E. A. Wülfing mit, und diese Position wurde in Rosenbusch' Mikrosk. Physiographie, I, 2, aufgenommen.

Diese Achsenpositionen sind:

$$\begin{array}{ccc} A & & B \\ \varphi & \lambda & \varphi \quad \lambda \\ -56^\circ & + 64^\circ & + 12 \cdot 7^\circ \quad -1 \cdot 8^\circ \end{array}$$

Die Achse *A* springt hienach merklich aus der von M. Lévy gezeichneten Achsenbahn heraus. Ich habe, durch diese Abweichung veranlaßt, im Herbst 1905 die Bestimmung nochmals wiederholt, erhielt aber ein fast identisches Resultat, so daß ich die Position für gesichert ansehen muß.

Aus der gefundenen Achsenposition ergibt sich:

$$2V_\gamma = 94^\circ.$$

Die wichtigsten Auslöschungsschäifen berechnen sich hienach:

$$P - 18^\circ, \quad M - 31^\circ, \quad a + 38^\circ.$$

An meinen Spaltblättchen wurde gemessen:

$$P - 18^\circ, \quad M - 30 \cdot 6^\circ.$$

¹ Bestimmung kalkreicher Plagioklase mittels der Interferenzbilder von Zwillingen. Tschermak's Min. u. petr. Mitt., XIV, 415 (1894).

Max Schuster gibt an:

$$P = 15^\circ 36' \text{ bis } 17^\circ 59', \quad M = 28^\circ 40'.$$

Es schien mir wünschenswert auch die Brechungsexponenten zu bestimmen, soweit die Beschaffenheit des Materials das zuließ.

Zu diesem Zwecke wurden mittels Immersionsmethode an einem Spaltblättchen nach P gemessen

$$\alpha' = 1.566, \quad \gamma' = 1.570.$$

Ferner wurde in zwei Spaltstückchen nach P und M der Gangunterschied mittels Babinet und die Dicke gemessen.

Der Gangunterschied wurde gefunden:

$$P = 0.000375 \text{ mm}, \quad M = 0.0008005 \text{ mm}.$$

Die Dicken waren:

$$P = 0.0835 \text{ mm}, \quad M = 0.162 \text{ mm}.$$

Hieraus folgt $\gamma' - \alpha'$

$$\text{für } P 0.0044, \quad \text{für } M 0.00493.$$

Die Winkel zwischen den Flächennormalen und den optischen Achsen sind:

$$\begin{aligned} PA &= 87^\circ, & MA &= 34^\circ \\ PB &= 29^\circ, & MB &= 77.3^\circ. \end{aligned}$$

Hieraus folgt nach der Beziehung:

$$(\gamma - \alpha) \sin PA \sin PB = \gamma' - \alpha',$$

aus den Beobachtungen auf P : $\gamma - \alpha = 0.00916$

und aus den Beobachtungen auf M : $\gamma - \alpha = 0.00908$.

Der letzteren Beobachtung kommt größeres Gewicht zu, so daß man als Mittel annehmen kann:

$$\gamma - \alpha = 0.0091.$$

Außer dieser Beziehung erhält man noch zwei weitere Gleichungen, in denen $\alpha \beta \gamma$ als Unbekannte auftreten, indem man die auf P gemessenen Größen α' und γ' als Funktionen der Werte $\alpha \beta \gamma$ und der Richtungscosinus der betreffenden Schwingungsrichtungen mit den durch die Achsenpositionen gegebenen Richtungen der Symmetriearchsen der Indicatrix $\alpha \beta \gamma$ ansetzen kann. Dies gibt für die Brechungsexponenten $\alpha \beta \gamma$ drei von einander unabhängige Gleichungen, deren numerische Auflösung unter Weglassung der unsicheren 4. Dezimale lieferte:

$$\alpha = 1.564$$

$$\beta = 1.569$$

$$\gamma = 1.573.$$

Anorthit.

Meine Bestimmung der Achsen von Anorthit¹ hat durch die Messungen von E. A. Wülfing,² die nach einer wesentlich verschiedenen Methode ausgeführt wurden, volle Bestätigung erfahren.

Die Achsenpositionen von Anorthit werden somit wie folgt angenommen:

$$\begin{array}{ccc} A & & B \\ \varphi & \lambda & \varphi \lambda \\ -63\frac{1}{4}^\circ & +57\cdot9^\circ & -2\cdot6^\circ -62\cdot2^\circ \end{array}$$

Als Brechungsexponenten verwende ich die Zahlen, welche C. Klein³ angegeben hat:

$$\alpha = 1\cdot5756 \quad \beta = 1\cdot5835 \quad \gamma = 1\cdot5885.$$

¹ Sitz. Ber. Wiener Akad. 1. Abt. 108. 1899.

² Zeitschr. f. Kryst. 36. 1902. 407.

³ Sitz. Ber. Berliner Akad. 19. 1899. 346.

Digitised by the Harvard University, Ernst May Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library <http://www.biodiversitylibrary.org/>; www.biologiezentrum.at

Tafel I.

Digitised by the Harvard University, Ernst May Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library <http://www.biodiversitylibrary.org/>; www.biologiezentrum.at

Tafel I.

Alle Bilder sind zwischen gekreuzten Nicols aufgenommen.

Fig. 1—6. Kalifeldspat.

Fig. 1. Feingegitterter Mikroklin mit zackig begrenzten perthitischen Spindeln von Albit neben einem großen Plagioklasdurchschnitt. Syenitgneis. Aste bei Böckstein.

Fig. 2. Großes Mikroklinkorn. Schnitt ungefähr parallel (100) mit unregelmäßig flammiger Zwillingsstreifung, welche namentlich längs der sehr unregelmäßig begrenzten perthitischen Albitlamellen sichtbar wird. Granitgneis von Gais bei Bruneck, Antholizer Masse. Vergr. 13. Text S. 29.

Fig. 3. Dasselbe Korn, Nicols in Diagonalstellung. Die Zwillingsstreifung des Mikroklin und der Albitbänder verschwunden. Diese heben sich durch stärkere Doppelbrechung deutlicher ab und zeigen ihre sehr unregelmäßige Begrenzung. Vergr. 13.

Fig. 4. Deutlich gegitterter Mikroklin (Schnitt ungefähr parallel P) neben anscheinend ungestreiften (Schnitt eines Karlsbader Zwillings) Aufhofner Steinbruch bei Bruneck. Vergr. 15.

Fig. 5. Grundgewebe des Granitgneises von Gais. Deutlich gegitterter Mikroklin durchschnitt in der Mitte; links unten schräger Mikroklin schnitt mit verwaschenen Lamellengrenzen. Vergr. zirka 35.

Fig. 6. Kalifeldspatschnitt ungefähr parallel M . Spaltisse nach P , feine, etwas zackig begrenzte Lamellen von Albit; vom Rande und längs Sprüngen dringt Myrmekit ein. Granitgneis vom Wildlahner Gletscher, Duxer Kern. Vergr. 15.

Fig. 7—12. Plagioklas.

Fig. 7. Schnitt von Albit senkrecht zu M und P . Man erkennt die scharfe Zwillingsnaht und die unter $86\frac{1}{2}^\circ$ damit zusammenstoßenden Spaltisse nach P . Porphyroblast aus Glimmerschiefer, Hochsäge, S vom Pfitschtal. Vergr. 60

Fig. 8. Schnitt senkrecht zu M und P von Oligoklas-Andesin, körniger Tonalitgneis von Göge. Zillertaler Hauptkamm S vom Thurnerkamp. Außer den feinen Zwillingslamellen nach dem Albitgesetz einige schmale und eine breite Lamelle nach dem Periklin gesetz. Der Durchschnitt zeigt Andeutungen von Zonenstruktur durch die Verteilung der feinen Nadeln von Klinozoisit. Vergr. 30.

Fig. 9. Schnitt ungefähr senkrecht zu α . Oligoklas-Andesin mit vorwaltender Periklinstreifung. Aus demselben Gestein.

Fig. 10. Schnitt durch ein großes Plagioklaskorn. Albitzwillig, in beiden Individuen je eine Achse sichtbar, $AB' = 23^\circ$. Man beachte die verwaschene Zeichnung der Albitlamellen. Aus pegmatitischem Gneis von Wielenbach, Randfazies des Antholizer Granitgneises. Vergr. 30.

Fig. 11. Albit, Zwillig nach dem Albitgesetz. Achsenschnitt für AB' . Porphyroblast aus Glimmerschiefer von der Hochsäge == Fig. 7. Vergr. 30.

Fig. 12. Achsenschnitt durch einen Doppelzwillig von Oligoklas-Andesin aus körnigem Tonalitgneis von der »Göge« == Fig. 8 und 9. Siehe Text S. 32.

Fig. 2



Fig. 1

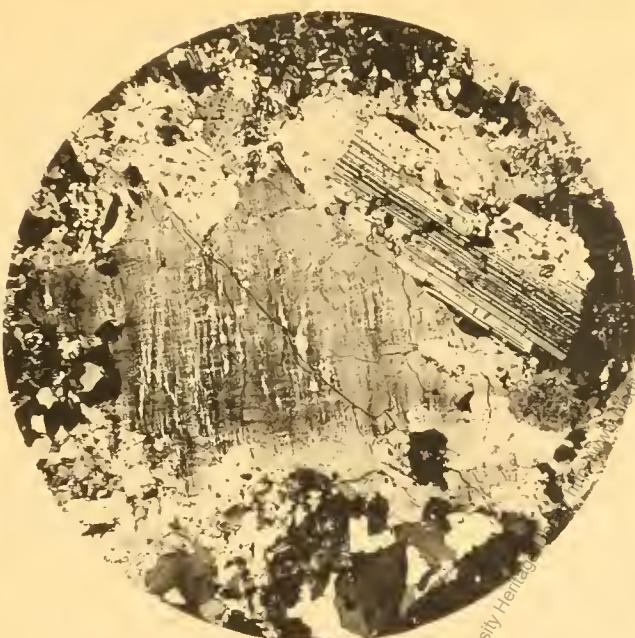


Fig. 3



Fig. 4

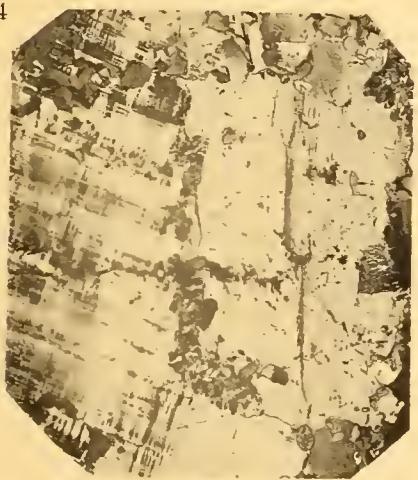


Fig. 5



Fig. 6



Fig. 7



Fig. 10



Fig. 11

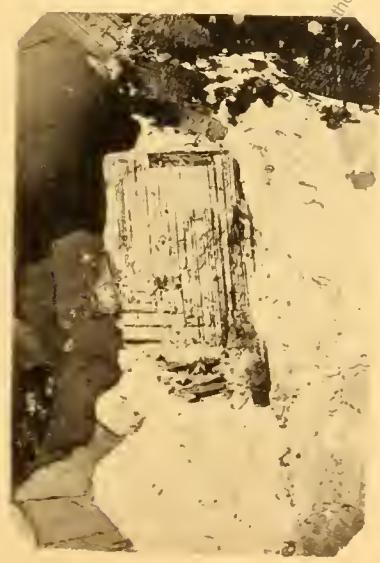


Fig. 8



Fig. 9



Fig. 12

Kunstanstalt Max Jaffé, Wien.

Digitised by the Harvard University, Ernst May Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library <http://www.biodiversitylibrary.org/>; www.biologiezentrum.at

Tafel II.

Digitised by the Harvard University, Ernst May Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original downloaded from The Biodiversity Heritage Library <http://www.biodiversitylibrary.org/>; www.biologiezentrum.at

Tafel II.

Fig. 13—17 Inverse Zonenstruktur der Plagioklase.

Fig. 13. Porphyroblast von Albit mit Hülle von Oligoklas-Albit; Grünschiefer, Bärental bei Steinhaus. Vergr. 30.

Fig. 14. Porphyroblast von Albit mit ausgespitzten Fortwachsungen von Oligoklas-Albit. Schnitt durch einen Albitzwillling γ des linken Individuums. Dieses hat Auslöschungsschiefe $+ 17^\circ$, die ziffförmigen Fortwachsungen $+ 6.5^\circ$. Aus Glimmerschiefer, Lappacher Joch. Vergr. 30.

Fig. 15. Plagioklas im Grundgewebe von Diorit-Amphibolit, Groß-Trög S vom Mösele; basische Ausscheidung im Tonalitgneis. Inverse Zonenstruktur, Zwillingsslamellen. Vergr. 100.

Fig. 16. Porphyroblast von Albit mit Hülle von Oligoklas-Albit-Albitzwillig-Schmitt AB'. Linke Hälfte zeigt starke Unterschiede in der Interferenzfarbe, hier tritt B aus; die rechte Hälfte zeigt kaum merkliche Abschattierung von Kern und Hülle. Grünschiefer Bärental bei Steinhaus. Vergr. 30.

Fig. 17. Grundgewebe von schiefrigem Tonalitgneis, Roßrücken, Berliner Hütte. Die granoblastischen Plagioklase zeigen durchwegs inverse Zonenstruktur. Vergr. 40.

Fig. 18-19. Schachbrett-Albit.

Fig. 18. Typische Entwicklung von Schachbrett-Albit in stark kataklastischem Granitgneis vom Kellerjoch. Am oberen Rand des Feldspatkernes zeigt sich die Anwachszone von Albit, in welcher die Schachbrettstruktur [einer feinen gestreckten Zwillingslamellierung Platz macht.

Fig. 19. Körner von Schachbrett-Albit mit Anwachszone im Sericit-Quarzit von Schönberg.

Fig. 20-22. Myrmekit (vergl. auch Taf. I, Fig. 6).

Fig. 20—22. Myrmekit (vergl. auch Tab. IV, Fig. 3).

Fig. 21. Myrmekit am Saum eines fast auf dunkel gestellten Kalifeldspates. Der Plagioklas zeigt inverse Zonenstruktur. Der innere Teil mit spärlichen Quarzstengeln ist nach der Lichtbrechung ($\omega > \gamma'$, $\varepsilon > \alpha'$) Oligoklas-Albit: der äußere Saum, der auf dunkel eingestellt ist und zahlreichere Quarzstengel enthält, ist Oligoklas ($\omega = \gamma'$, $\varepsilon > \alpha'$). Granitgneis, Stillup. Vergr. 30.

Fig. 22. Myrmekit in Kerntonalit vom Reinwald Rieserferner. Der früher wohl auch hier vorhandene Kalifeldspat ist ganz verdrängt. Der Feldspat ist Andesin ($\alpha = \beta = \gamma$), rechts ein senkrecht zur Achse getroffener Apatit. Vergl. 30.

Fig. 13



Fig. 14



Fig. 15



Fig. 16

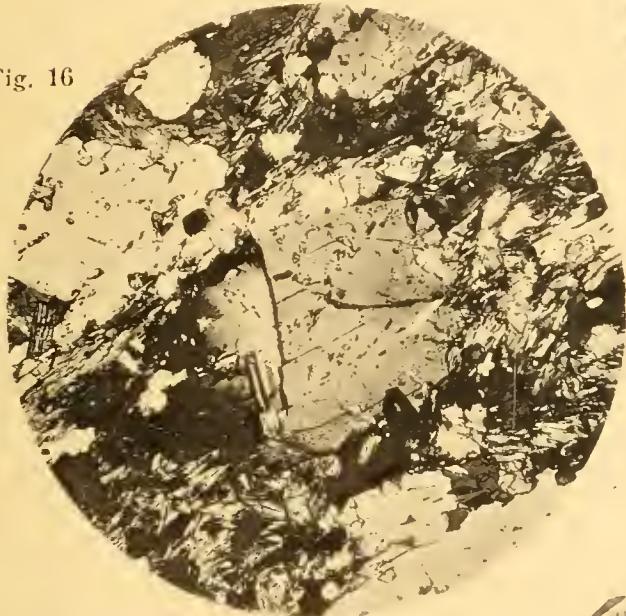


Fig. 17



Fig. 19

Fig. 20



Fig. 18



Fig. 21



Fig. 22

Kunstanstalt Max Jaffé, Wien.