

### III. Die optischen Eigenschaften einiger Andesine

von **F. Becke**

(mit 2 Textbildern).

Die Zusammenstellung der optischen Eigenschaften der Plagioklasse, die ich in den Denkschriften der Wiener Akademie Bd. 75 veröffentlichte, ist, wie schon damals hervorgehoben wurde, verbesserungsfähig. Während für die Glieder der Reihe vom Oligoklas-Albit bis Oligoklas gute Untersuchungen an analysierten Feldspaten vorlagen, waren die Grundlagen in anderen Teilen der Reihe mangelhaft. Für Albit und Labrador sind seither Untersuchungen von Herrn Dr. Großpietsch gemacht worden, an denen auch die Herren Dr. Himmelbauer und Dr. Görgely beteiligt waren<sup>1)</sup>.

Unbefriedigend war die Kenntnis der Andesine. Die von mir verwendeten Untersuchungen waren an zufälligen Schnitten in Dünnschliffen gemacht worden. Die chemische Zusammensetzung der betreffenden Feldspate war unbekannt. Die Angaben von Michel-Lévy<sup>2)</sup> und Wülfing<sup>3)</sup> beruhen auf Interpolation zwischen Oligoklas und Labrador und erwiesen sich namentlich in Bezug auf die Position der Axe A als fehlerhaft.

Auf meine Anregung haben die Herren Dr. Großpietsch und Dr. Goldschlag, die inzwischen beide gestorben sind, Untersuchungen angestellt, um diese Lücke auszufüllen.

Bei der Auswahl des Materiales war zweierlei maßgebend: Es sollten ähnlich zusammengesetzte Plagioklasse aus dem Grundgebirge und aus Erstarrungsgesteinen untersucht werden und bei den letzteren sollten Einsprenglinge aus Gesteinen mit Kieselsäureüberschuß und aus solchen mit Kieselsäuremangel (Gehalt an Feldspatvertretern

---

1) Min. petr. Mitt. **27**. S. 363 1908 und **33**. S. 33 1915.

2) Étude sur la détermination des Feldspaths. Paris 1894. Pl. IV Text S. 26.

3) Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien 2. Spezieller Teil 4. Aufl. von H. Rosenbusch und E. Wülfing. Stuttgart 1905. Taf. XVII. Text S. 340.

Nephelin, Sodalith) geprüft werden, indem erwartet werden durfte, daß in letzteren ein Gehalt an dem problematischen Natronanorthit, Carnegieit, am ehesten nachweisbar sein möchte.

Der letzte Teil des Planes geriet leider durch den vorzeitigen Tod von Dr. M. Goldschlag ins Stocken, und was über diesen Teil der Frage mitgeteilt werden kann, ist daher vorläufig ein unvollendetes Bruchstück.

Untersucht wurde von Herrn Dr. O. Großpietsch:

I. Andesin aus pegmatitischen Adern im körnigstreifigen Amphibolit von Hohenstein, Kremstal, niederösterreichisches Waldviertel, also aus einem Gneisgebiete. (Vgl. F. Reinhold: Pegmatit- und Aplitadern aus den Liegendschichten des Gföhler Zentralgneises im niederösterreichischen Waldviertel Min. Petr. Mitt. 29, S. 111, 1910, Nr. 30.) Der Andesin bildet ein grobkörniges Gemenge mit Quarz, ziemlich viel Biotit und wenig Kalifeldspat. Über die optische Untersuchung und die chemische Analyse dieses Feldspates wurde ausführlicher in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie Abt. I Bd. 127 1918 S. 439 berichtet, so daß es genügt, hier die Hauptergebnisse mitzuteilen. Die chemische Analyse, ausgeführt von Dr. Großpietsch, ergab die Zahlen unter 1, unter 2 steht die theoretische Zusammensetzung nach der Formel  $Ab_{65} An_{35}$ .

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	Glv.	Summe
1. Andesin Hohenstein	59·98	24·67	0·54	Sp.	7·26	7·36	0·09	99·90
2. $Ab_{65} An_{35}$	59·88	25·42	—	—	7·04	7·66	—	100·00

Das spezifische Gewicht wurde von Dr. Großpietsch mit dem Pyknometer bestimmt zu 2·667. An durchsichtigen Splintern bestimmte Dr. Goldschlag mittels Schwebemethode 2·673. Nach den Zahlen Tschermaks wäre zu erwarten 2·671.

Die Position der Achsen wurde in entsprechend angeschliffenen Platten ermittelt, deren Lage durch Goniometermessung bestimmt wurde. Im Mittel ergab sich aus 7 Messungen für die Achse A an 4 Platten und aus 16 Messungen für die Achse B an 2 Platten folgende Position:

	A	B
$\lambda$	+ 75·8 <sup>0</sup>	+ 42·3 <sup>0</sup>
$\varphi$	- 41·7	+ 39·7

Trägt man diese Positionen in eine stereographische Projektion ein, so zeigt sich, daß sie der von mir gezeichneten Achsenbahn<sup>1)</sup> ziemlich nahe kommen. Die Einzelbeobachtungen der Achse A bilden einen Schwarm ohne eine bestimmte gesetzmäßige Anordnung, dagegen bilden die Einzelpunkte für Achse B einen im Sinne der Achsenbahn erstreckten Streifen, der von  $\lambda = 47^\circ$  bis  $\lambda = 36^\circ$  reicht, entsprechend etwas schwankendem Anorthitgehalt. Die Brechungsexponenten bestimmte Dr. Goldschlag wie folgt am Kristallrefraktometer.

$$\alpha \ 1.5450, \ \beta \ 1.5485, \ \gamma \ 1.5525.$$

Hieraus berechnet  $2V\gamma = 92^\circ 24'$ ; aus den Achsenpositionen folgt  $93.2^\circ$ .

Auslöschungsschiefen P von  $0^\circ$  wenig verschieden ( $-0.5^\circ$  aus der Achsenposition). M  $-2^\circ$  bis  $6^\circ$  ( $-4.5^\circ$ ). a  $+15.7$  bis  $18.7^\circ$  ( $+18.5^\circ$ ).

In Durchschnitten senkrecht zu M und P erblickt man das Interferenzbild der Mittellinie  $\alpha$ . An Zwillingen nach dem Albitgesetz bestimmte ich den Winkel  $\alpha\alpha'$  etwas kleiner als  $3^\circ$ ; die Achsenlage erfordert  $3.6^\circ$ .

Herr Dr. Goldschlag untersuchte:

II. Andesin von Esterel, Dep. Var, Frankreich, das bekannte, vielfach untersuchte Mineral. Zusammensetzung nach der Analyse von L. Sipöcz<sup>2)</sup>:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Glv.	Summe
Andesin Esterel	58.48	26.94	0.11	8.21	6.87	0.50	0.49	101.66
An <sub>40</sub> Ab <sub>37</sub> Or <sub>3</sub>	58.14	26.48	—	8.31	6.55	0.52	—	100.00

Das spezifische Gewicht 2.679.

Die Untersuchung ergab eine deutliche Zonenstruktur; bemerkenswert ist eine ziemlich anorthitreiche Außenzone, innerhalb deren ein Kern liegt, in dem auf einen anorthitreicheren Kern albitreichere Zonen in mehrfachem Wechsel folgen.

Die Bestimmung der Achsenpositionen erfolgte an 5 Platten, in denen im ganzen 19 Einzelpositionen der Achse A und 9 der Achse B bestimmt wurden. In die stereographische Projektion eingetragen, bilden dieselben zwei Schwärme, die sich ziemlich gut den von mir seinerzeit gezeichneten Achsenbahnen anschließen. Sie reichen bei Achse

<sup>1)</sup> Die optischen Eigenschaften der Plagioklase. Min. Petr. Mitt. 25. Bd. 1906. Taf. I.

<sup>2)</sup> Min. Petr. Mitt. 3. 1880 S. 176.

A von  $\lambda + 80^{\circ} 2'$ ,  $\varphi - 39^{\circ}$  bis  $\lambda + 79^{\circ}$ ,  $\varphi - 48^{\circ}$ , bei Achse B von  $\lambda + 42^{\circ}$ ,  $\varphi + 39^{\circ}$  bis  $\lambda + 28^{\circ}$ ,  $\varphi + 35^{\circ} 5'$ . Die Mittelwerte sind:

A	B
$\lambda + 80^{\circ} 3'$	$+ 35^{\circ} 0'$
$\varphi - 42^{\circ} 8'$	$+ 37^{\circ} 9'$

Aus diesen Positionen folgt:  $2V\gamma 90^{\circ} 0'$ . Die Brechungsexponenten wurden für Na-Licht an fünf Platten mit dem Abbeschen Kristallrefraktometer nach der Differentialmethode bestimmt und die erhaltenen Werte noch durch die Bestimmung der Doppelbrechungen  $\gamma - \alpha$  und  $\gamma - \beta$  korrigiert. Diese korrigierten Mittelwerte sind  $\alpha 1.5482$ ,  $\beta 1.5518$ ,  $\gamma 1.5556$ . Aus diesen Werten folgt  $2V\gamma 89^{\circ} 39'$ . Hiemit stimmt, daß die Isogyre in der Diagonalstellung der Achsenbilder gerade gestreckt erscheint. Nur in den extrem anorthitreichen Zonen zeigt sich eine geringe Konvexität gegen die Mittellinie  $\gamma$ .

Auslöschungsschiefen wurden beobachtet (in Klammern stehen die aus der mittleren Achsenlage konstruierten Werte):  $P - 2^{\circ} (-1.5^{\circ})$ ,  $M - 4.8^{\circ} (-5.8^{\circ})$ ,  $\alpha + 24^{\circ} (-24^{\circ})$ . Der Winkel  $\alpha\alpha'$  wurde gemessen mit  $5.5^{\circ}$ , die Achsenlage erfordert  $5.4^{\circ}$ .

III. Andesin von Mayeamo, Provinz Shinano, Japan aus Andesitlava. Zusammensetzung nach einer Analyse von Nishikawa (T. Wada, Minerals of Japan, Transl. by Takudzu Okawa, Tokio 1904, S. 135) ist unten mit den aus der Formel berechneten Werten angegeben; sie weist einen ziemlich hohen Kaligehalt aus.

	Si O <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca O	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Summe
Andesin Mayeamo	58.21	26.46	7.58	6.32	1.28	99.85
Ab <sub>54</sub> An <sub>38</sub> Or <sub>8</sub>	58.47	26.07	7.88	6.19	1.39	100.00

Die Kristalle zeigen einen ungemein zarten Schichtenbau, so daß auf die Dicke von  $\frac{1}{100}$  mm mehrere der feinen Zonen kommen, in denen die Auslöschungsschiefen um Bruchteile von Graden abwechseln. In dickeren Schichtpaketen tritt ein Schwanken der Auslöschungsschiefen ein, das sich aber in engen Grenzen hält.

An diesem Andesin wurde an 5 Platten die Position der Achse A durch 5 Beobachtungen, die der Achse B durch 3 Beobachtungen festgestellt. Die Einzelpositionen ließen keine bestimmte Verteilung erkennen wie in den früheren Beispielen. Die Schwankungen sind überdies gering. Die Mittelwerte sind:

	A	B
$\lambda$	$+ 80.5^{\circ}$	$+ 40.0^{\circ}$
$\varphi$	$- 36.3^{\circ}$	$+ 37.1^{\circ}$

Es fällt hier auf, daß Achse A sehr beträchtlich von der Achsenbahn nach links gegen die Mittellinie  $\alpha$  hin abweicht; Achse B liegt gleichfalls gegen  $\alpha$  hin verschoben rechts von der Achsenbahn.

Die Bestimmung der Brechungsexponenten im Na-Licht ergab nach Korrektur durch die Ermittlung der Doppelbrechungen  $\gamma - \alpha$  und  $\gamma - \beta$

$$\alpha \ 1.5461, \beta \ 1.5498, \gamma \ 1.5531.$$

Aus diesen Werten berechnet man  $2V\gamma = 93^{\circ} 21'$ ; die Achsenposition fordert  $98^{\circ}$ .

Die Auslöschungsschiefe dieses Andesins erwies sich auf P positiv  $+0.7^{\circ}$  ( $+3/4^{\circ}$  aus der Achsenlage). M  $-0.7^{\circ}$  bis  $-2.0^{\circ}$  ( $-3.5^{\circ}$ ), a  $+22.5^{\circ}$  bis  $26.8^{\circ}$  ( $+24.7^{\circ}$ ).

Über die letzten zwei Andesine wurde ausführlich in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie Abt. I Bd. 127 1918 S. 473 berichtet. Dort auch ausführlichere Literatur namentlich über den oft untersuchten Andesin von Esterel.

#### IV. Andesin aus dem trachytischen Sodalith-Phonolith vom Kelchberg bei Tribsch im böhmischen Mittelgebirge.

Dieser Andesin wurde gewählt, um auch einen Plagioklas aus einem Gestein atlantischer Sippe zu untersuchen. Leider konnte Dr. Goldschlag die Untersuchung nicht ganz zu Ende führen. Da aber die optische Untersuchung zu einem gewissen Abschluß gebracht ist, soll auch über diesen Feldspat und zwar etwas ausführlicher berichtet werden, da die Messungsergebnisse bisher nicht veröffentlicht worden sind.

Dieser Andesin bildet Einsprenglinge in einem Gestein vom Kelchberg bei Tribsch, das von J. E. Hibsich und F. Seemann als trachytischer Sodalith-Phonolith beschrieben wurde<sup>1)</sup>. Es sind bis 15 mm große tafelige Kristalle, nicht selten Doppelzwillinge nach dem Karlsbader- und Albitgesetz, von vollkommener Durchsichtigkeit, häufig von unregelmäßigen Sprüngen durchsetzt; auf diesen hat sich Analcim, manchmal auch ein Hauch von Calcit abgesetzt.

<sup>1)</sup> Geologische Karte des böhmischen Mittelgebirges, Blatt IX (Leitmeritz-Tribsch). Mineral. Petr. Mitt. 32. S. 91—92.

Sehr ausgeprägt ist der Zonenbau. Eine schmale, etwas trübe Hülle ist zackig mit Bestandteilen der Grundmasse verzahnt, reich an Einschlüssen und offenbar bei der Endkristallisation gleichzeitig mit der Kristallisation der Grundmasse entstanden.

Innerhalb dieser Zackenhülle liegt scharf abgegrenzt der klare schön zonar gebaute Einsprengling. Er zeigt jene Zonenstruktur, die ich als periodische Folge mit basischen Rekurrenzen beschrieben habe: Auf den innersten Kern folgen Zonen mit stetig abnehmendem Anorthitgehalt; dann folgt mit scharfer Grenze eine zweite Folge, wieder mit merklich höherem Anorthitgehalt beginnend und stetig zu albitreicheren Mischungen übergehend, und dieser Wechsel wiederholt sich zwei- bis sechsmal und noch öfter, bis die äußerste Zackenhülle erreicht ist. Die Unterschiede der Auslöschungsschiefen in den einzelnen Zonen sind nicht besonders groß und erreichen in den Schnitten nach M selten mehr als 4 bis 5°, abgesehen von der äußersten zackigen Hülle.

Die Zonen zeigen die Spuren der Flächen P, x oder o, y, l, T. In den Schnitten nach M sind die Zonengrenzen nach P und y scharf, jene nach l T o etwas verwaschen, was offenbar von der annähernd senkrechten oder aber schrägen Lage der Anwachsflächen zur Schnittfläche herrührt.

Die gute Spaltbarkeit nach P benützte Dr. Goldschlag zu Messungen der Spaltwinkel MP und PP'.

An 32 Kanten von Spaltstücken wurde der Winkel MP gemessen; er schwankte von 86°11' bis 86°29'; 21 Werte lagen gehäuft zwischen den Grenzen 86°14' und 86°18'. Das Mittel dieser Werte ist

$$MP = 86^{\circ}16' \pm 1.4'.$$

Weniger gut gelangen die Messungen PP' infolge der häufigen feinen Zwillingsriefung.

Bei 12 Messungen schwankte das Ergebnis von 7°4' bis 7°44', ohne daß eine deutliche Häufung eintrat. Das Mittel ist

$$PP' = 7^{\circ}21' \pm 10'.$$

Aus  $MP = 86^{\circ}16'$  würde  $PP' = 7^{\circ}28'$  folgen.

Mit den Angaben von E. Schmidt, der für Plagioklas von 30% An  $MP = 86^{\circ}15'$  angibt, stimmen diese Messungen gut überein. Für die Position von P wurde angenommen:  $\lambda - 26^{\circ}20'$ ,  $\varphi + 3^{\circ}45'$ .

<sup>1)</sup> Petrograph. Studien am Tonalit der Rieserferner, Min. Petr. Mitt. 13, 1893 S. 415 unter 1.

Für den Winkel  $\sigma + 1^\circ$ , d. i. der Winkel der Zwillinglamellen nach dem Periklingesetz auf 010 mit der Spur von P 001.

Die Untersuchung des Andesins vom Kelchberg bei Triebtsch war in der Absicht unternommen worden, in einem Plagioklas aus einem Gestein atlantischer Sippe nach etwaiger Beimischung von Carnegieitsubstanz zu suchen. Die chemischen Untersuchungen, welche Herr Dr. Goldschlag vornahm, ergaben kein definitives Resultat. Eine Analyse, ausgeführt mit einer nicht sehr großen Menge unter der Lupe ausgelesener Splitter, ergab eine Zusammensetzung, welche allerdings bei der Berechnung, ausgehend von den Mengen  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  und  $\text{CaO}$ , einen Abgang von Kieselsäure, aber auch einen Abgang von Tonerde gegenüber der Feldspatformel ergab; auch wurde nachträglich ein kleiner Gehalt an Chlor und Schwefelsäure erkannt. Da in den Dünnschliffen kleine Sodalithkriställchen, eingeschlossen in den Feldspaten, nachgewiesen wurden, sollte die Analyse an sorgfältiger gereinigtem Material wiederholt werden. Dazu ist leider Dr. Goldschlag nicht mehr gekommen. Und seither hat sich noch keine Gelegenheit geboten, die Analyse zu wiederholen<sup>1)</sup>. Das spezifische Gewicht bestimmte Dr. Goldschlag an ausgelesenen klaren Spaltstückchen nach der Schwebemethode mit 2.665. Diese Zahl ist etwas niedrig, wenn man sie mit den nächstverwandten Andesinen vergleicht.

Die optische Untersuchung erstreckte sich auf die Bestimmung der Brechungsexponenten im Na-Licht, die Ermittlung der Achsenposition in angeschliffenen Platten und die Messung von Auslöschungsschiefen auf den Spaltflächen M und P und senkrecht zur a-Achse.

Bestimmung der Achsenlage. Zur Ermittlung der Lage der Achse A diente eine Platte, die ungefähr parallel  $\bar{1}\bar{1}0$  angeschliffen war. An dem Kristall lieferten die Spaltflächen des Hauptkristalls und einer nach dem Albitgesetz eingeschalteten Zwillinglamelle meßbare Reflexe. Zone MP wurde am zweikreisigen Goniometer äquatorial gestellt, das negative Ende der a-Achse des Hauptkristalls war nach oben gerichtet, der Reflex 010 diente zur Fixierung des 0-Meridians für das Azimut  $\varphi$ . Folgende Zahlen wurden erhalten:

	010	001	$\underline{00\bar{1}}$	$\bar{0}\bar{1}0$	$00\bar{1}$	$\underline{001}$	S ( $\bar{1}\bar{1}0$ )
$\varphi$	0	$85^\circ 51'$	$93^\circ 23'$	$179^\circ 58'$	$-94^\circ 6'$	$-85^\circ 35'$	$-143^\circ 38'$
$\rho$	$90^\circ$	$90^\circ 10'$	$90^\circ$	$90^\circ 9'$	$90^\circ$	$90^\circ$	$39^\circ 44'$

<sup>1)</sup> Ich trage Bedenken, die Zahlen der Analyse Dr. Goldschlags zu veröffentlichen, um die Zahl der schlechten Feldspatanalysen nicht zu vermehren.

Aus dieser Messung ergibt sich mit Hilfe des Wulffschen Netzes die Position von S in den von mir eingeführten Winkelkoordinaten  $\lambda + 90^\circ$ ,  $\varphi - 31^\circ$ .

Diese Schlißlage erfordert den Winkel der Spuren MP —  $79^\circ$ . An der Platte wurde der Winkel zwischen Zwillingslamellen nach Albit- und Periklingesetz gemessen mit —  $80.8^\circ$ . Man kann die Übereinstimmung nicht hervorragend nennen. Möglicherweise ist  $\varphi$  des Anschliffs um etwa  $1^\circ$  kleiner.

Die Platte zeigt, in richtiger Stellung mit dem Mikrokonoskop untersucht (Spur M pfeilrecht, positives Ende der c-Achse oben, d. h. die scharfe Kante [S. 001] oben, die stumpfe [S. 00 $\bar{1}$ ] unten), im rechten oberen Quadranten das Bild der Achse — A<sup>1)</sup>. Die Achsenebene zieht von der Mitte oben nach rechts, unten durch das Gesichtsfeld; links oben liegt Mittellinie  $\alpha$ , gegen rechts unten die Mittellinie  $\gamma$ . Das Azimut der Achsenebene schließt mit der Spur M etwa  $45^\circ$  ein. An drei klaren Stellen der Platte wurde die Position der Achse eingemessen. Das Ergebnis gibt folgende Tabelle. Die Angaben sind von einem kleinen Fehler der Glas- und Plattennormale befreit.

Azimut Achse gegen M	Zentraldistanz	$\lambda$	$\varphi$	
a	$71\frac{1}{2}^\circ$	$18\frac{1}{2}^\circ$	$+ 81\frac{1}{3}^\circ$	$- 48^\circ$
b	$69\frac{1}{3}^\circ$	$17\frac{1}{3}^\circ$	$81\frac{1}{3}^\circ$	$46\frac{2}{3}^\circ$
c	$68\frac{1}{2}^\circ$	$17\frac{1}{3}^\circ$	$80\frac{1}{2}^\circ$	$46\frac{1}{2}^\circ$
Mittelwert	—	—	$81^\circ$	$47^\circ$

Die Streuung der Achsenlagen ist gering; die Positionen schließen sich der Achsenbahn ziemlich gut an. An derselben Platte hatte Dr. Goldschlag die Position  $\lambda + 79.9^\circ$ ,  $\varphi - 46.4^\circ$  bestimmt.

Eine zweite Platte diente zur Ermittlung der Lage von Achse B. Zur Festlegung des Anschliffs dienten folgende Messungen am zweikreisigen Goniometer bei Polarstellung von M 010. Ein Teilkristall nach dem Karlsbadergesetz ließ auch dessen Spaltreflexe P benützen.

<sup>1)</sup> Das Vorzeichen besagt, daß jene Achsenrichtung beobachtet wird, die in dem Kristallraum um das negative Ende der a-Achse austritt, die also in den Diagrammen von M. Lévy und Rosenbusch-Wülfig, nicht aber in denen von M. Schuster und mir eingetragen ist. Vgl. Sitzber. Wiener Akademie Abt. I Bd. 127 S. 174. +A und +B treten in den Kristallraum um das positive Ende der a-Achse aus, —A und —B um das negative Ende.

Die Messungen ergaben:

	010	00 $\bar{1}$	001	001	00 $\bar{1}$	110	$\bar{1}10$	$S$
$\varphi$	$\infty$	$+64^{\circ}13'$	$-63^{\circ}25'$	$-115^{\circ}0'$	$+116^{\circ}13'$	$180^{\circ}11'$	0	$-42^{\circ}52'$
$\rho$	0	$93^{\circ}2'$	$94^{\circ}11'$	$87^{\circ}3'$	$86^{\circ}11'$	$59^{\circ}29'$	$61^{\circ}9'$	$40^{\circ}9'$

Wie aus den Zahlen hervorgeht, ist eine sehr genaue Bestimmung der Lage von  $S$  nicht möglich. Benützt man alle anvisierten Reflexe zur Bestimmung des Azimuts von  $S$  gleichmäßig, so erhält man für die Lage des Anschliffs in der Projektion auf 010

$$S \quad \lambda + 46.8^{\circ}, \varphi + 49.9^{\circ}.$$

Hieraus folgt der Winkel von Spur P gegen Spur M gleich  $-79.5^{\circ}$ ; gemessen wurde  $-79.8^{\circ}$ , also in besserer Übereinstimmung als in der früheren Platte.

Bei konoskopischer Prüfung zeigt die Platte nach richtiger Einstellung (Spur M pfeilrecht, das + Ende der c-Achse oben) das Bild von Achse —B im rechten oberen Quadranten. Die Ebene der optischen Achsen bildet etwa  $64^{\circ}$  mit der Spur M von links oben ( $\gamma$ ) nach rechts unten ( $\alpha$ ). Die Platte läßt Zonenstruktur recht deutlich erkennen und der Ort der Achse im Gesichtsfeld ändert sich je nach der eingestellten Schichte. In den randlichen Teilen der Platte ist eine Zwillingslamelle nach dem Periklingesetz eingeschaltet und diese zeigt am Rande des Gesichtsfeldes das Bild der Achse + A.

Ich machte eine größere Reihe von Beobachtungen über die Lage der Achse B. Sie erstreckten sich ähnlich wie bei Esterel über einen mehrere Grade umfassenden Streifen, der mit dem oberen Ende (anorthitreicheren Mischungen entsprechend) auf der Achsenbahn lag, mit dem unteren sich mehr und mehr von dieser nach rechts hin entfernte.

Dasselbe Verhalten zeigt eine große Zahl von Positionen, die Dr. Goldschlag an derselben Platte ermittelte. Diese Beobachtungen sollen hier nicht alle mitgeteilt werden. Im ganzen liegen 32 Beobachtungen vor. Faßt man die zwischen je drei Graden in  $\lambda$  fallenden zu Mittelwerten zusammen, so ergibt sich folgende Tabelle, umgerechnet in  $\lambda$  und  $\varphi$ ;  $n$  ist die Zahl der zusammengefaßten Einzelbeobachtungen.

$\lambda$	35.4	38.5	40.9	44.5	46.9	50.6
$\varphi$	37.2	37.2	38.2	37.5	37.2	36.8
$n$	4	8	5	7	5	3

Zur Auswertung des Mittels habe ich diese Beobachtungen von Dr. Goldschlag deshalb nicht mitverwertet, weil dabei der Platten-

fehler: Winkeldifferenz zwischen Glas- und Plattennormale nicht berücksichtigt war.

Meine eigenen Beobachtungen an derselben Platte folgen hier unten; sie sind von dem Plattenfehler befreit und nach zunehmendem  $\lambda$  geordnet.

			$\lambda$	$\varphi$
1	Azimet gegen M $45\frac{1}{2}^{\circ}$	Zentraldistanz $14^{\circ}50'$	$+33^{\circ}8'$	$+38^{\circ}2'$
2		$49^{\circ}$	$14\frac{1}{2}^{\circ}$	$34^{\circ}7'$
3		$75^{\circ}$	$11^{\circ}2'$	$43^{\circ}$
4		$79\frac{1}{2}^{\circ}$	$12^{\circ}$	$44^{\circ}$
5		$80^{\circ}$	$12^{\circ}8'$	$44^{\circ}$

Wie ersichtlich, lassen sich die Beobachtungen in zwei Gruppen zusammenfassen: 1, 2 dem Kern (*i*) der Platte entsprechend, 3, 4, 5 den äußeren Partien (*a*).

$$i \quad \lambda + 34^{\circ}2' \quad \varphi + 38^{\circ}3'$$

$$a \quad \lambda + 43^{\circ}7' \quad \varphi + 38^{\circ}1'$$

Als mittlere Position ergibt sich

$$\text{Achse B } \lambda + 38^{\circ}9' \quad \varphi + 38^{\circ}2'$$

Dieser Wert ist bei den folgenden Konstruktionen benützt.

Die Position der Achse A in der Periklinlamelle ergab:

$$\text{Azimet gegen M } +16^{\circ}5', \text{ Zentraldistanz } 31^{\circ}8'.$$

Aus der hienach folgenden Lage in der Projektion läßt sich, da der Ort der Zwillingsachse für das Periklinesetz bekannt ist, die Lage der entsprechenden Achse A in der Stellung des Hauptkristalls leicht finden. Es ergibt sich Achse A  $\lambda + 79^{\circ}$ ,  $\varphi - 37^{\circ}8'$ .

Diese Achsenlage weicht in  $\varphi$  ziemlich stark von der Lage derselben Achse A in der A-Platte ab. Es ist allerdings zu berücksichtigen, daß die Periklinlamelle in der B-Platte den Randteilen eingelagert ist, während die A-Platte dem Kern des Kristalls entspricht. Freilich wurde in den Durchschnitten im Dünnschliff eine so starke Wanderung der A-Achse nicht beobachtet. Vorläufig bleibt nichts übrig, als das Mittel der gefundenen Positionen als mittlere Lage anzugeben:

$$\text{Mittellage für Achse A } \lambda + 80^{\circ}, \quad \varphi - 42^{\circ}4'.$$

Orientierung der Mittellinien. Aus den Achsenlagen folgen für die Mittellinien  $\alpha$  und  $\gamma$  und die optische Normale folgende Positionswinkel:

	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
$\lambda$	$+58\frac{1}{2}^{\circ}$	$-32\frac{1}{2}^{\circ}$	$-26^{\circ}$
$\varphi$	$-2^{\circ}$	$-22\frac{1}{2}^{\circ}$	$+67^{\circ}$

Die Lage von  $\alpha$  läßt sich in Schnitten senkrecht zu M und P leicht überprüfen. In der Tat zeigte ein Schnitt in beiden Lamellensystemen eines Albitzwillings das Interferenzbild von  $\alpha$  im Gesichtsfeld und den Abstand  $\alpha\alpha'$  im Kern gleich  $4\frac{1}{2}^\circ$  in den äußeren Schichten merklich kleiner, gleich  $3\cdot8^\circ$  und zwar im Teilkristall 1 links von der Medianzone. Die Lage von  $\alpha$  fordert den Winkel  $4^\circ$ .

Auslöschungsschiefen ergeben sich wie folgt: Auf M gegen die Spur von P aus der Achsenlage  $-4\frac{1}{2}^\circ$ . Von Dr. Goldschlag wurde dieser Winkel an Spaltblättchen und geschliffenen Platten gemessen:  $-4^\circ45'$  im Kern,  $-1^\circ3'$  in der Hülle;  $-6\cdot6^\circ$  im Inneren,  $-1\cdot6^\circ$  am Rande;  $-7\cdot6^\circ$ ;  $-3\cdot7^\circ$ ;  $-3\cdot8^\circ$ ;  $-7\cdot3^\circ$ . Mittel aller Beobachtungen  $-4\cdot3^\circ$ .

Auf P gegen die Spur von M  $-1\frac{1}{2}^\circ$ . Gemessen von Dr. Goldschlag:  $-1^\circ15'$ ,  $1^\circ40'$ ,  $1^\circ35'$ ; im Mittel  $1^\circ30'$ .

Ein Schliff hergestellt parallel der Fläche 001 eines Doppelzwillings nach dem Albit- und Karlsbadergesetz läßt die drei Teilkristalle 1, 2 und 2' erkennen. Die Auslöschungsschiefen wurden wie folgt gefunden:

1  $-1\cdot7^\circ$  ( $-1\cdot5^\circ$ ); 2  $+15\cdot2^\circ$  ( $+14\frac{1}{2}^\circ$ ); 2'  $-7\cdot8^\circ$  ( $-12\cdot5^\circ$ ).

In Klammern stehen die Auslöschungsschiefen, welche sich für diese Schnittrichtungen aus der mittleren Achsenlage ableiten lassen.

Im Schnitt senkrecht zu M und P fordern die Achsenpositionen eine Auslöschungsschiefe von  $+22\frac{3}{4}^\circ$ . An Schnitten in Dünnschliffen des Gesteins, die durch scharfe Zeichnung der Zwillingsgrenzen und der Spaltrisse nach P diese Lage erkennen lassen, zeigte sich diese Auslöschungsschiefe gemäß der Zonenstruktur recht schwankend von  $+26\cdot6^\circ$  im Kern bis  $+17\cdot2^\circ$  unmittelbar unter der äußersten Zackenzone, die eine Schiefe im entgegengesetzten Sinn bis  $-5\cdot8^\circ$  aufwies. Sehr gut konnte die gemeinsame Aufhellung beobachtet werden. Die äußerste Zackenzone ist daher nicht Sanidin. Solche Durchschnitte zeigen den Austritt der Mittellinie  $\alpha$  und lassen konoskopisch die Abweichung derselben von der Medianzone gut erkennen und messen. (Vgl. oben Orientierung der Mittellinien.)

Auch läßt sich deutlich verfolgen, wie mit abnehmender Auslöschungsschiefe Winkel  $\alpha\alpha'$  kleiner und kleiner wird; in der Zackenzone fallen die Bilder der Mittellinie  $\alpha$  übereinander, gleichzeitig verschiebt sich die Lage der optischen Achsenebene in der Richtung gegen zunehmendes  $\lambda$ , gegen die Prismenzone hin.

Brechungsquotienten. Diese bestimmte Dr. Goldschlag an 5 Platten im Na-Licht mit folgendem Ergebnis (Mittelwerte):  $\alpha$  1·5475,  $\beta$  1·5514,  $\gamma$  1·5556,  $\gamma$ - $\alpha$  0·0081,  $\gamma$ - $\beta$  0·0042,  $\beta$ - $\alpha$  0·0039. Aus diesen Zahlen ergibt sich  $2 V\gamma = 88^{\circ}46'$ . Die Achsenpositionen verlangen  $91^{\circ}$  im Mittel; für die anorthitreichsten Mischungen käme allerdings  $85^{\circ}$  heraus.

Winkel der optischen Achsen in Zwillingen. Solche Beobachtungen wurden öfter gemacht.

Dr. Goldschlag bestimmte in einem Karlsbaderzwilling den Winkel  $A_1 A_2 = 12^{\circ}$  (aus der Achsenposition folgt  $14^{\circ}$ ). Den Winkel der optischen Achsenebenen in diesem Schnitt fand er gleich  $74\frac{1}{2}^{\circ}$ ; die Achsenposition verlangt  $76^{\circ}$ . An einem Albitzwilling bestimmte ich  $A B' = 32^{\circ}$ ; die Achsenposition verlangt  $31^{\circ}$ . An dem Periklinzwilling (B-Platte) fand ich den Winkel  $A B'' = 36\frac{1}{2}^{\circ}$ . Für mittlere Achsenlage liefert die Konstruktion  $36^{\circ}$ .

Zusammenfassung. Achsenpositionen und Mittellinien der untersuchten Andesine sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

	Hohenstein	Kelchberg	Esterel	Japan
A	$\lambda + 75\cdot8^{\circ}$	$80^{\circ}$	$80\cdot3^{\circ}$	$80\cdot4^{\circ}$
	$\varphi - 41\cdot7^{\circ}$	$42\cdot4^{\circ}$	$42\cdot8^{\circ}$	$36\cdot3^{\circ}$
B	$\lambda + 42\cdot3^{\circ}$	$38\cdot9^{\circ}$	$35\cdot5^{\circ}$	$40\cdot0^{\circ}$
	$\varphi + 39\cdot7^{\circ}$	$38\cdot2^{\circ}$	$37\cdot9^{\circ}$	$37\cdot1^{\circ}$
$\alpha$	$\lambda + 59\cdot6^{\circ}$	$58\cdot5^{\circ}$	$57^{\circ}$	$60^{\circ}$
	$\varphi - 1\cdot8^{\circ}$	$2^{\circ}$	$2\cdot7^{\circ}$	$0\cdot3^{\circ}$
$\beta$	$\lambda - 31\cdot5^{\circ}$	$32\cdot5^{\circ}$	$34\cdot5^{\circ}$	$29\cdot1^{\circ}$
	$\varphi - 18^{\circ}$	$22\cdot5^{\circ}$	$24^{\circ}$	$25^{\circ}$
$\gamma$	$\lambda - 27^{\circ}$	$26^{\circ}$	$27^{\circ}$	$30\cdot2^{\circ}$
	$\varphi + 72^{\circ}$	$67^{\circ}$	$66^{\circ}$	$65\cdot2^{\circ}$

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen Ausschnitte des stereographischen Netzes von 10 cm Radius, in welche die Achsenlagen der Andesine samt jenen von Oligoklas (25 % An) und Labrador (52 % An) eingetragen wurden. Die punktierte Linie ist die von mir 1906 gezeichnete Achsenbahn. Hohenstein, Kelchberg und Esterel fallen ziemlich gut auf diese Linie und bilden in dieser Folge eine ziemlich regelmäßig fortschreitende Reihe. Japan fällt aus dieser Reihe merk-

lich heraus, zeigt auch schwächere Licht- und Doppelbrechung. Möglicherweise hängt dies mit dem höheren Gehalt an Orthoklassubstanz zusammen.

Bemerkenswert ist noch die Erscheinung, daß bei Kelchberg die Abweichung der Achse B von der allgemeinen Achsenbahn in den

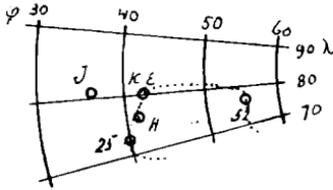


Fig. 1

Achse A: 25 Oligoklas, 52 Labrador.  
Andesine H Hohenstein, J Japan,  
K Kelchberg, E Esterel, K und E  
fallen nahezu zusammen.

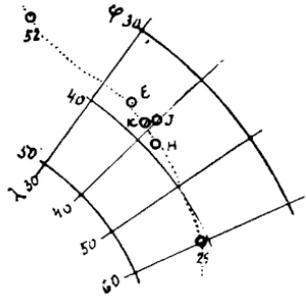


Fig. 2

Achse B: Ziffern und Buchstaben  
haben dieselbe Bedeutung wie  
bei Fig. 1.

äußeren an Anorthitsubstanz ärmeren Schichten zuzunehmen scheint, wie namentlich an den zahlreichen Beobachtungen von Dr. Goldschlag verfolgt werden kann. Es ist zu bedauern, daß die äußerste Zackenzone wegen Trübung durch fremde Einschlüsse keine konoskopische Bestimmung zuläßt. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß hier Mischungen vorliegen wie in den Feldspaten der Rhombenporphyre (Anorthoklas), während anfangs aus dem Magma reinere Plagioklasmischungen zu kristallisieren scheinen.

Belehrend ist auch ein Vergleich der Brechungsverhältnisse:

			$(\alpha + \beta + \gamma) : 3$	$\gamma - \alpha$	
Twedestrand	An <sub>24</sub>	Ab <sub>73</sub>	Or <sub>3</sub>	1·5455	0·0072
Hohenstein	An <sub>35</sub>	Ab <sub>65</sub>		1·5488	0·0075
Kelchberg		?		1·5515	0·0081
Esterel	An <sub>40</sub>	Ab <sub>57</sub>	Or <sub>3</sub>	1·5519	0·0074
Japan	An <sub>38</sub>	Ab <sub>54</sub>	Or <sub>8</sub>	1·5497	0·0070

Wie Japan aus der Reihe der übrigen Andesine heraustritt, ist hier besonders deutlich zu verfolgen.

Manche Beobachtungen sprechen dafür, daß in den Plagioklassen aus dem Grundgebirge die Erscheinungen der einfachen

Reihe Anorthit Albit reiner hervortreten als in den vulkanischen, welche vielleicht infolge der Aufnahme von Orthoklassubstanz stärker schwanken und aus der einfachen Reihe heraustreten. Ob hiebei auch die problematische Beimischung von Carnegit mitspielt, bleibt ungewiß.

Verbesserte Bestimmungstabellen. Da, wie sich jetzt zeigt, in den Bestimmungstabellen in den Denkschriften der Wiener Akademie Bd. 75 die Orientierung von Andesin zwar ziemlich richtig angegeben wurde, dagegen der Anorthitgehalt des dargestellten Andesins um etwa 3% zu niedrig angenommen war, sind diese Tabellen entsprechend zu verbessern und durch die hier zusammengestellten zu ersetzen.

Tabelle der Auslöschungsschiefen (Denkschr. Bd. 75, S. 107. Auslöschungsrichtung  $\alpha'$ ):

Schnitt		P	M	a	$\alpha$	$\gamma$
bezogen auf Spur		M	P	M	M	P
Albit	An 0·5 %	+ 3·9 <sup>0</sup>	+ 20 <sup>0</sup>	- 14·5 <sup>0</sup>	- 16 <sup>0</sup>	+ 20 <sup>0</sup>
Oligoklasalbit	13 %	+ 2	+ 13	- 8	- 9·5	+ 12·5
Oligoklas	20 %	+ 1	+ 6	- 0·5	- 0·5	+ 6
	25 %	+ 0·7	+ 3	+ 7	+ 7	+ 2·5
Andesin	35 %	- 0·5	- 4·5	+ 18·5	+ 18	- 5
	40 %	- 1·5	- 5·8	+ 24	+ 24	- 8
Labrador	52 %	- 6	- 17·2	+ 27·7	+ 25	- 25·5
	56 %	- 7	- 19·2	+ 28	+ 24	- 29

Tabelle der Achsenwinkel (Denkschr. Bd. 75, S. 114):

	An	2V $\gamma$	AB'	AB <sup>π</sup>	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub> B <sub>2</sub>
Albit	0·5 %	79 <sup>0</sup>	25·5 <sup>0</sup>		34 <sup>0</sup>	16 <sup>0</sup>
Oligoklasalbit	13 %	85·5	13	7·5 <sup>0</sup>	32	6
Oligoklas	20 %	94	2	4·5	31	28·5
	25 %	99	9	13	28	42
Andesin	35 %	93·8	25	29·5	21	70
	40 %	90	34	38·5	14	80
Labrador	52 %	75	46	52	15	104
	56 %	77·2	47	53	16·5	109

Tabelle der Winkel der Achsenebenen (Denkschr. Bd. 75, S. 115, 116):

	An	11'	11 <sup>π</sup>	12
Albit	0·5 %	33 <sup>0</sup>		36 <sup>0</sup>
Oligoklasalbit	13 %	19 <sup>0</sup>	10 <sup>0</sup>	32 <sup>0</sup>
Oligoklas	20 %	1 <sup>0</sup>	6·5 <sup>0</sup>	42 <sup>0</sup>
	25 %	14 <sup>0</sup>	21 <sup>0</sup>	49 <sup>0</sup>
Andesin	35 %	36 <sup>0</sup>	42 <sup>0</sup>	72 <sup>0</sup>
	40 %	48 <sup>0</sup>	55 <sup>0</sup>	82 <sup>0</sup>
Labrador	52 %	48 <sup>0</sup>	56 <sup>0</sup>	118 <sup>0</sup>
	56 %	48 <sup>0</sup>	54 <sup>0</sup>	128 <sup>0</sup>

Diese Tabellen ergänze ich noch durch eine weitere, welche die Winkel angibt, die die Ebene der optischen Achsen in Schnitten senkrecht zu den optischen Achsen mit den Spuren der kristallographischen Hauptrichtungen M und P einschließt. Diagramme dieser Winkel hat bereits M. Lévy auf Tafel XIV und XV im 2. Heft der *Études sur la détermination des Feldspats*, Paris 1896, gegeben. R. Sokol hat kürzlich neben anderen Bestimmungskurven auch diese für die ganze Plagioklasreihe veröffentlicht (*Min. Petr. Mitt.*, Bd. 34, S. 66, Fig. 2, 1917), wobei er die neueren optischen Daten zu Grunde legte und insbesondere auf den  $\pm$  Sinn der aufgeführten Winkel Bedacht nahm. Diese Kurven stützen sich in der Gegend des Andesins hauptsächlich auf meine Angaben in Bd. 75 der Denkschriften der Wiener Akademie und sind dementsprechend ebenfalls nach den hier mitgeteilten Ergebnissen zu verbessern, d. h. in der Gegend des Andesins ist der Gehalt an An gegenüber den Angaben der Kurven um etwa 3 bis 4 % zu erhöhen.

Beim Vergleich der hier aufgestellten Tabelle mit jener von Sokol ist zu berücksichtigen, daß bei Sokol die  $\pm$  Vorzeichen sich auf das negative Ende der optischen Achse A beziehen, welches in den Diagrammen von M. Lévy eingetragen ist; meine Tabelle bezieht sich auf das  $+$  Ende der Achse A, das im Kristallraum in der Nähe von 010 erscheint.

Für die optische Achse B sind unsere Tabellen direkt vergleichbar, da Sokol auch bei den dem Albit nahestehenden Gliedern immer den Schnitt in der Nähe von 010 im Auge hat.

Tabelle der Winkel der optischen Achsenebenen mit der Spur von M und P in Schnitten senkrecht zu den optischen Achsen A und B:

	An %	Schnitt $\perp$ A			Schnitt $\perp$ B		
		Winkel der Achsenebene		Winkel MP	Winkel der Achsenebene		Winkel MP
		mit M	mit P		mit M	mit P	
Albit	0.5	$-66^{\circ}$	$+22$	$-88^{\circ}$	$+65^{\circ}$	$+7\frac{1}{2}^{\circ}$	$+57\frac{1}{2}^{\circ}$
Oligoklasalbit	13	$-78$	$+12$	$+90$	$+78$	$+6$	$+72$
Oligoklas	20	$-89\frac{1}{2}$	$+1\frac{1}{2}$	$+89$	$+89\frac{1}{2}$	$+6\frac{1}{2}$	$+83$
	25	$+82$	$-6$	$+88$	$-81$	$+9$	$+90$
Andesin	35	$+66$	$-17$	$+83$	$-66$	$+13\frac{1}{2}$	$-79\frac{1}{2}$
	40	$+56$	$-25\frac{1}{2}$	$+82$	$-59$	$+16$	$-75$
Labrador	52	$+42$	$-39\frac{1}{2}$	$+81\frac{1}{2}$	$-60$	$+1\frac{1}{2}$	$-60\frac{1}{2}$
	56	$+42$	$-41$	$+83$	$-61$	$+1$	$-62$

Bei Benützung dieser Tabellen zu Bestimmungszwecken wird es nicht immer leicht sein, Schnitte  $\perp$  A und Schnitte  $\perp$  B zu unterscheiden. Ist Zonenstruktur vorhanden, so kann man Schnitte  $\perp$  A daran erkennen, daß beim Übergang von einer Zone zur nächsten der Achsenort sich wenig verschiebt, während die Lage der Achsenebene sich merklich ändert. Schnitte  $\perp$  B zeigen in den unterscheidbaren Zonen kräftigere Wanderung des Achsenortes in der Richtung senkrecht zur Achsenebene, welche keine Drehung sondern mehr eine parallele Verschiebung erkennen läßt. Bei dickeren Schliften kann man auch an der kräftigeren Dispersion die Achse B erkennen. Übrigens ist für Plagioklase zwischen Albit und Andesin die Unterscheidung der Achsen A und B unnötig, wofern man die Lage der Achsenebene gegen M ermittelt, die bei beiden Achsen sehr nahe gleiche Winkel ergibt.

Bei anorthitreicheren Mischungen wird in Schnitten  $\perp$  B die Spur P selten zum Vorschein kommen, da der Winkel BP immer kleiner als  $90^{\circ}$  wird, Spaltrisse daher nicht leicht entstehen. Schnitte  $\perp$  A sind hierin begünstigt, da AP sich nie weit von  $90^{\circ}$  entfernt.

Auch für die zweite Hälfte der Plagioklasreihe Labrador-Anorthit wäre eine Verbesserung der bestehenden Bestimmungstabellen wohl zu wünschen, doch fehlt es hier noch mehr an ausreichenden Grundlagen. Ebenso schwer ist es derzeit noch, den Einfluß beigemischter Orthoklasssubstanz zu beurteilen. Im Labrador von Kamenoibrod, ferner im Andesin von Japan ist dieser Einfluß zu verspüren. Ganz problematisch ist noch der Einfluß von Natronanorthit.