

9. Studien innerhalb der Epidotgruppe mit besonderer Rücksicht auf die manganhaltigen Glieder.

Von

David Malmqvist.

Einleitung.

Durch die Untersuchungen und Zusammenstellungen von den Mineralen der isomorphen Klinozoisit-Pistazitreihe von GOLDSCHLAG (1) sind die optisch-physikalischen Einflüsse der Gruppe $[\text{SiO}_4]_3 \begin{smallmatrix} \text{Fe}_3\text{OH} \\ \text{Ca}_2 \end{smallmatrix}$ relativ wohl bekannt worden. Für den Fall, wo ausser dieser Gruppe auch $[\text{SiO}_4]_3 \begin{smallmatrix} \text{Mn}_3\text{OH} \\ \text{Ca}_2 \end{smallmatrix}$ (Piemontit) und $[\text{SiO}_4]_3 \begin{smallmatrix} \text{Al}_3\text{OH}^1 \\ \text{Mn}_2 \end{smallmatrix}$ (Manganepidot) eingehen, liegen bis jetzt äusserst wenige Bestimmungen vor. Ausser dem grossen, wissenschaftlichen Interesse, das eine solche Untersuchung unzweifelhaft hat, kommt auch hinzu, dass sie eine weitaus tiefere Kenntnis der wichtigeren eisenhaltigen Epidotreihe liefert.

Im Vergleich mit den letzteren bilden die manganhaltigen Epidote ein viel dankbareres Untersuchungsobjekt dadurch, dass sie meistens keine Zonarbildungen und andere Inhomogenitäten aufweisen, eine Tatsache, deren Gegenteil es so schwer macht bei den Eisenepidoten den Zusammenhang zwischen den optischen Eigenschaften und der chemischen Zusammensetzung zu verfolgen. Vielmehr zeichnen sie sich durch eine Homogenität des Materials und bei den verschiedenen Vorkommnissen scheinbar durch erstaunlich konstante Zusammensetzungen aus.

Besondere Schwierigkeiten bieten die Bestimmungen der üblichen optischen Konstanten der fraglichen Minerale wegen der kräftigen Lichtabsorption dar, die zuweilen Bestimmungen unmöglich gemacht und in anderen Fällen die Genauigkeit der Werte sehr herabgedrückt haben.

Durch die Arbeiten von H. LASPEYRES (2) und W. RAMSAY (3) sind die Absorptionserscheinungen von Licht in dem sichtbaren Spektrum in-

¹ Diese chemischen Formeln werden wahrscheinlich von Prof. J. JAKOB in Frage gestellt. Sie sind aber in dem Folgenden symbolisch in dieser Weise geschrieben.

nerhalb der Epidotgruppe klassisch geworden. Es liegt deswegen nahe, diese Untersuchungen weiterzuführen und, was früher nicht innerhalb einer isomorphen Reihe ausgeführt worden ist, zu prüfen, inwieweit die Absorption eine geeignete physikalische Grösse zur Bestimmung des Chemismus sein könnte, in derselben Weise wie sie bei den Chemikern zu Konzentrationsbestimmungen so erfolgreich verwendet worden ist.

Da es sich meistens bei den zu beschreibenden Mineralen um zwei bis drei isomorphe Verbindungen handelt, die alle in verschiedener Weise die physikalischen Eigenschaften beeinflussen, sind naturgemäss gute chemische Analysen des Materials ein grosses Bedürfnis. Hierbei habe ich aber das Glück gehabt, mich an Herrn Professor J. JAKOB in Zürich und Frl. Doktor NAIMA SAHLBOM in Stockholm wenden zu dürfen, welches mehr als genug für die Zuverlässigkeit derselben bürgt. Prof. JAKOB bin ich besonders verbunden für sein grosses Entgegenkommen bei Austausch von Material und seine Erlaubnis, mich die Analysen zuerst publizieren zu lassen. Die chemische Konstitution der Manganepidote und Piemontite dürfte später Prof. JAKOB behandeln.

Es ist mir eine liebe Pflicht, meinem Lehrer, Herrn Professor H. G. BACKLUND, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen für das warme Interesse, mit welchem er immer meine vorliegende Untersuchung umfasste und für die Gefälligkeit, mit der er mir in Rat und Tat beistand.

Schliesslich habe ich der bekannten Geschicklichkeit des Herrn Präparators A. R. ANDERSSON das Gelingen von orientierten Schlifften und Prismen aus jeweilem, scheinbar hoffnungslosen Material zu verdanken.

Untersuchungsmethodik.

Um Wiederholungen in dem folgenden Text zu vermeiden, kann es geeignet sein, die wichtigeren und am meisten angewandten Arbeitsmethoden zu beschreiben.

1. **Die spezifischen Gewichtsbestimmungen** wurden ohne Ausnahme nach der Suspensionsmethode mit CLERICI's Lösung als Flüssigkeit und das spezifische Gewicht derselben mit einer WESTPHAL'schen Wage gemessen. Der Fehler konnte $< 0,002$ geschätzt werden.

2. **Die Lichtbrechung** wurde zumeist an Prismen ermittelt. Diese wurden in den meisten Fällen als Halbprismen mit der einen Fläche // einer opt. Symmetrieebene und der brechenden Kante // der b -Achse hergestellt. Die Prüfung und Justierung des Spektrometers sowohl wie die Bestimmung des brechenden Winkels φ_1 wurden in Prinzip nach den Methoden, wie sie aus E. KOHLRAUSCH: »Lehrbuch der praktischen Physik« hervorgehen, durchgeführt. Bei der Einstellung des Prismas derart, dass die

eintretenden Strahlen \perp der in der opt. Symmetrieebene gelegenen Fläche einfielen, war der Zuwegang folgender: das Fern- und Spaltrohr wurden auf einen beliebigen Winkel (meistens zwischen 80° — 100°) eingestellt, worauf das Prisma gedreht wurde, bis die Fläche den Reflex des Spaltes auf das Fadenkreuz des Fernrohres warf. Das Fernrohr wurde jetzt gedreht bis das Spaltbild auf dem Fadenkreuz durch direkte Beleuchtung (also 180° von dem Spaltrohr) erschien, und dann wurde das Prisma das halbe Supplement entgegengesetzt der vorigen Richtung herumgedreht. Bei dieser Stellung des Prismas wurde der Ablenkungswinkel δ in üblicher Weise bestimmt. Um überhaupt Licht durch die Prismen zu bekommen war es zuweilen notwendig, sie so weit wie etwa 10° herunterzuschleifen, welches natürlich die Genauigkeit herabdrückte. Die Lichtbrechung wurde nach der Formel

$$n = \frac{\sin(\varphi_1 + \delta)}{\sin \varphi_1} \quad (1)$$

berechnet, aus welcher sich für die Fehlerberechnung die Ausdrücke

$$\frac{dn}{d\varphi_1} = -\frac{\sin \delta}{\sin^2 \varphi_1} \quad \text{und} \quad \frac{dn}{d\delta} = \frac{\cos(\delta + \varphi_1)}{\sin \varphi_1} \quad (2)$$

ergeben.

Wird $d\delta = 4 d\varphi_1 < 0,5$ gesetzt, so erhält man für $\varphi = \delta = 10^\circ$, $|dn| < 0,0010$ und für $\varphi = \delta = 30^\circ$, $|dn| < 0,0003$. Der Fehler liegt also bei den folgenden Messungen zwischen $0,0010$ und $0,0003$, abhängig von der Grösse des brechenden Winkels. Hierzu kommt noch eine andere Fehlerquelle, die darauf beruht, dass wegen der starken Dispersion der Mineralien die opt. Symmetrieebenen für die verschiedenen Wellenlängen nicht zusammenfallen. Sie spielt aber im Verhältnis der übrigen Fehler gar keine Rolle, wie es von M. BORN (4) gezeigt wurde. Bei dem Schleifen wurde nachgestrebt, die eine Prismenfläche zwischen den opt. Symmetrieebenen für rot und gelb liegend zu erhalten. Zu Kontrolle wurde auch n_β nach der Minimalablenkungsmethode bestimmt. Als Lichtquelle wurde ein grosser LEISS'scher Monochromator verwendet.

Bei ganz kleinen Kriställchen musste die Lichtbrechung nach der Einbettungsmethode bestimmt werden, wobei Methylenjodid + Schwefel oder Methylenjodid, Schwefel und Stannijodid nach MERWIN (5) als Flüssigkeiten angewandt wurden.

3. **Die Doppelbrechungsbestimmungen** sind in allgemein nicht mittels der üblichen Methoden ausführbar. Man dürfte vermuten, dass die Methode von F. BECKE (6) und C. HLAWATSCH (7) bei diesen farbigen Mineralen angewandt werden könnte, wie sie bei den Epidoten und anderen schwächer absorbierenden Mineralen mit gutem Erfolg geprüft worden ist. Auch auf diese Methode musste leider verzichtet werden, da bei Schliffen gewöhnlicher Dicke noch eine Erscheinung auftritt, die sich daran kund-

gibt, dass bei homogenem Licht keine scharfen Interferenzlinien zu sehen sind, sondern nur breite verdunkelte Bänder. Sie ist scheinbar auf die Amplitudenverschiedenheit der beiden nach dem Durchgang der Platte interferierenden Strahlen zurückzuführen, welches auf die verschiedene Absorption der beiden Hauptschwingungsrichtungen beruhen dürfte (8).

4. **Die Bestimmung der Axenwinkel und die Lagen der Axenaustritte** wurde mit einem WRIGHT'schen Mikrometerokular durch Messung des Abstands des Axenaustritts von der Schliffformalen genau orientierter Schlitze ermittelt. Das Verfahren war bei dem Schleifen derart, dass in der Zone [010] eine Fläche in der Nähe des Axenaustritts geschliffen wurde. Die Lage der angegebenen Fläche wurde von bekannten Flächen der Zone mit einem Goniometer ausgemessen und ein Schliff // dieser Fläche hergestellt. Es konnte zuweilen eintreffen, dass die Fläche nicht genau in der wünschenswerten Zone zu liegen kam, welches teils mit dem Goniometer (wenn mehrere Flächen in der Zone auftraten), teils durch den Umstand, dass im Mikroskop, bei vertikaler Einstellung der Axenebene, diese nicht mit dem vertikalen Fadenkreuz zusammenfiel, sondern sich etwas seitwärts befand, festgestellt werden konnte. War die Abweichung in diesem Sinn allzu gross ($> 3^\circ$), musste ein neuer Schliff hergestellt werden, bei kleineren Abweichungen wurde die Korrektion nach dem KREUTZ'schen Verfahren ermittelt (9). Der Fehler bei der Bestimmung der Lage des Axenaustritts kann $< 1/4^\circ$, bei Bestimmung des Axenwinkels $< 1/2^\circ$ geschätzt werden. Lichtquelle: Monllampe mit Farbenfiltern, die homogenes Licht in und in der Nähe der *C*-, *D*-, und *F*-Linien gaben.

5. **Die Auslöschungswinkel** sind im Schnitt \perp der *b*-Axe mit einem Halbschattenapparate nach MACÉ DE LÉPINAY bestimmt worden.

6. **Die Absorption:** Für die Bestimmungen der Absorption hat Verf. vor allem gesucht, quantitative Daten der Absorption nach den Hauptschwingungsrichtungen bei den verschiedenen Gliedern der Reihe zu erhalten, um zu konstatieren, ob das BEER'sche Gesetz bei diesen kristallisierten Körpern Gültigkeit habe. Es ist in diesem Sinn weiter von Wichtigkeit, bei den nachherigen Berechnungen die Lage der Hauptabsorptionsachsen für die zwei Haupttypen Manganepidot und Piemontit möglichst genau festzustellen. Für Eisenepidot ist dasselbe von W. RAMSAY durchgeführt worden (3).

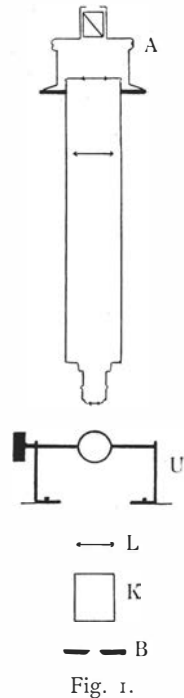
Es entstand ein Bedarf, den Universaldrehtisch bei den photometrischen Bestimmungen anzuwenden, da manche der Minerale nicht so gut kristallisiert waren, dass sie eine kristallographische Orientierung zuließen, sondern optisch orientiert werden mussten. Der Vorteil bei der Anwendung eines Universaldrehtisches liegt auch darin, dass die Absorption in einem grossen Winkelintervall von der Normalen des Schliffes gemessen werden kann. Die Minerale sind weiter oftmals nur in sehr kleinen Präparaten

herstellbar, welches es notwendig macht eine Mikrophotometermethode zu finden. Eine solche Methode gibt es bis jetzt eigentlich nur in der von J. KÖNIGSBERGER (10), dem es gelang eine Photometereinrichtung mit dem Polarisationsmikroskop zu kombinieren. Sie ist auch später von P. ITES (11) verwendet worden. Ohne allzu durchgreifende Umkonstruktionen des Mikroskops dürfte inzwischen kaum das KÖNIGSBERGER'sche Photometer zusammen mit dem Universaldrehtisch appliziert werden können, weshalb eine vereinfachte Aufstellung angewandt werden musste, die etwas an die Methoden von BEER, HAGEN und RAMSAY erinnert (12, 13). Hierdurch konnte naturgemäss nicht die Genauigkeit der Messungen KÖNIGSBERGER's erreicht werden, sie gibt aber für unseren Zweck gut verwendbare und nach einiger Übung sehr plausible Werte.

Wir wollen die Methode näher beschreiben: monochromatisches Licht von einer Lichtquelle tritt parallel durch ein vor einem Mikroskop (LEITZ' Konstruktion) angebrachtes Diaphragma B ein (siehe Fig. 1). Der Polarisator des Mikroskops ist gegen ein Kalkspatprisma K ausgetauscht, das die eintretenden Lichtstrahlen in zwei aufteilt. Durch die bikonkave Linse L wird die Diaphragmaöffnung an der Ebene des in den Universaldrehtisch eingesetzten Schliffes abgebildet und die zwei dabei entstandenen Lichtpunkte, die innerhalb einer centralen Partie des Gesichtsfeldes fallen müssen, werden im Mikroskop wahrgenommen. Auf dem Mikroskop ist der Aufsatzanalysator A angebracht.

Die Messung wurde auf folgende Weise durchgeführt: nachdem die opt. Symmetrieebene des Mineralschliffes aufgesucht worden war (in gewöhnlicher Weise mit dem Universaldrehtisch), wird der Polarisator fortgenommen und das Kalkspatsprisma so eingesetzt, dass der extraordinäre Strahl bei eingeschaltetem (Tubus-) Analysator ausgelöscht wird. Der (Tubus-) Analysator wird ausgeschaltet, der Aufsatzanalysator auf dem Mikroskop angebracht und gedreht bis der extraordinäre Strahl ausgelöscht wird. Man lässt jetzt den ordinären Strahl das Mineralpräparat passieren, während der extraordinäre in einem kleinen Abstand daneben läuft, und der Aufsatzanalysator wird teils rechtshin, teils linkshin gedreht, bis die Intensität der beiden Strahlen gleich gross wurde. Der hierbei erhaltene Winkel wird $2v$ genannt (siehe Fig. 2). Meistens ist der Winkel $2v$ als Mittel aus fünf Ablesungen zu beiden Seiten berechnet worden. In zwei Serien wurde der mittlere Fehler zu $0^{\circ},3$ bestimmt. Die Messungen wurden in zwei gegeneinander \perp opt. Symmetrieebenen des Minerals (die zweite Symmetrieebene wird durch Drehung um die a_5 -Achse von 90° eingestellt) durchgeführt.

Repräsentieren A_m und A_1 die Amplituden der durch das Mineralpräparat und der daneben gehenden Strahlen, A.E. die Schwingungsebene



des Analysators, so wird nach Einstellung der gleichen Intensität erhalten:

$$\frac{A_m}{A_1} = \operatorname{tg} v \quad (3)$$

oder

$$\frac{I_m}{I_1} = \alpha = \operatorname{tg}^2 v \quad (4)$$

wo I_m und I_1 die Intensitäten der entsprechenden Strahlen sind.

Die Intensität I_m des durch die Mineralplatte gehenden Strahls kann, ausser von der Lichtabsorption der Platte, von den bei den Grenzebenen (Canadabalsam—Mineral) entstandenen Reflexionen abhängig angesehen werden.

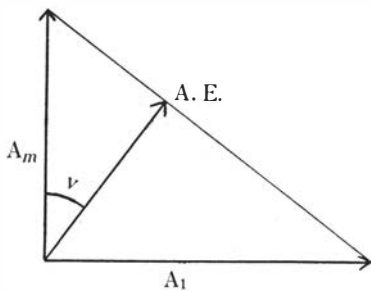


Fig. 2.

Wir müssen darum untersuchen, inwiefern diese Reflexion einwirkt. Fällt von einem isotropen Medium planpolarisiertes Licht senkrecht auf eine Mineralplatte eines zweiachsigen Kristalls, gelten hierbei dieselben Gesetze für Reflexion an der Grenzfläche, wie an der Grenzfläche zwischen zwei isotropen Medien. Identisch ist auch das Verhältnis, sobald planpolarisiertes Licht schief gegen die Mineralplatte einfällt, wenn die Schwingungsebene des einfallenden Lichtes mit einer von den Hauptschwingungsrichtungen des anisotropen Mediums zusammenfällt (14).

Wir können deswegen in diesem Fall von der FRESNEL'schen Formel für Reflexion an der Grenzfläche zwischen zwei isotropen Medien Gebrauch machen. Diese sagt (15) (wenn wie bei dieser Einrichtung die Symmetrieebene senkrecht zu der Einfallsebene steht):

$$\delta^1 = \frac{\sin 2i \cdot \sin 2\varphi_0}{\sin^2(i + \varphi_0)}, \quad (5)$$

wo δ = der Anteil des Lichtes, der durch die Grenzfläche hindurchgeht,

i = der Einfallswinkel,

φ_0 = der Brechungswinkel.

Wenn wir den Anteil des Lichtes, der an den zwei Grenzflächen ohne wiederholte Reflexionen zurückgeworfen wird, in der Rechnung mitnehmen, so erhalten wir:²

¹ Wenn auch selten der Einfluss von δ ausserhalb der Fehlergrenzen zu liegen kommt, ist δ doch in den Rechnungen miteingegriffen.

² Über die Bedeutung dieser und der nachstehenden Formeln wird zu J. EHLERS: Die Absorption des Lichtes in einigen pleochroitischen Krystallen, verwiesen: Neues Jahrb. f. Min., Geol. Beil., Bd. 11 (1897), S. 276.

$$\frac{\operatorname{tg}^2 v}{\delta^2} = e^{-A_0 \cdot D_0} \quad (6)$$

A_0 = der Absorptionsmodul,
 D_0 = die Dicke der Platte.

Um Berechnungen nach der DRUDE'schen Theorie auszuführen (16), ist auch der von A. CAUCHY gebrauchte Absorptionskoeffizient eingeführt:

$$n \cdot \kappa = \frac{\lambda \cdot A_0}{4\pi} \quad (7)$$

wo κ = dem Absorptionsindex.

Wenn die Tatsache darauf in Betracht genommen wird, dass die Dicke der Platte, durch welche das Licht bei schiefem Einfallen läuft, $= \frac{D_0}{\cos \varphi_0}$, so wird erhalten:¹

$$A_0 = \frac{2 \cdot \cos \varphi_0}{D_0 \cdot \log e} [\log \delta - \log \operatorname{tg} v] \quad (8)$$

und

$$\kappa \cdot n = \frac{\cos \varphi_0 \cdot \lambda}{2\pi \cdot D_0 \cdot \log e} [\log \delta - \log \operatorname{tg} v]. \quad (9)$$

Nimmt man die Formel $A_0 = -\frac{2 \cos \varphi_0}{D_0 \cdot \log e} \cdot \log \operatorname{tg} v$ zur Fehlerberechnung der grössten Fehlerquellen, die von v und D_0 abhängig sind, erhält man:

$$\frac{dA_0}{A_0} = -\frac{2}{\log \operatorname{tg} v \cdot \sin 2v} \cdot dv \quad (10)$$

$$\frac{dA_0}{A_0} = -\frac{dD_0}{D_0}. \quad (11)$$

Die Funktion (10) (v zwischen 0° — 45°) ist im Diagramme I wiedergegeben, wo $\frac{dA_0}{A_0}$ in Fehlerprozent angegeben ist ($dv = 0^\circ,3$). Hieraus ist ersichtlich, dass der Fehler über ein Minimum für $v =$ etwa 12° geht, steigt, wenn $v \rightarrow 0^\circ$ oder $v \rightarrow 45^\circ$, zur Unendlichkeit. Die Dicke der Schlicke mögen also so abgepasst werden, dass v zwischen 3° — 35° zu

¹ Die äusserst kleine Absorptionsverschiedenheit zwischen den ordinären und extraordinären Strahlen im Kalkspatprisma sowohl wie die kleinen Absorptionsunterschiede an den Glasflächen der \perp und \parallel der Einfallsebene schwingenden Strahlen werden nicht berücksichtigt.

liegen kommt. Da $\frac{dD_0}{D_0}$ 1 % bis 2 % ist, kann also der Fehler von A_0 zwischen 3,5—7,5 % zu liegen angesehen werden, beruhend von dem Wert v .

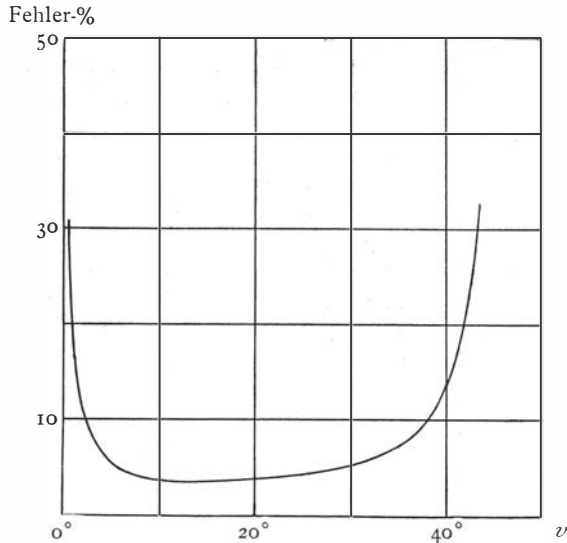


Diagramm I.

Bei der Bestimmung der Absorption in einer bestimmten Lage werden ausserdem die Werte von α_2 und α_4 des Universaldrehtisches abgelesen und die für die Lichtbrechung des Segmentes reduzierten Winkel α'_2 und α'_4 nach der folgenden Formel bestimmt:

$$\left. \begin{aligned} n_m \cdot \sin \alpha'_2 &= n_s \cdot \alpha_2 \\ n_m \cdot \sin \alpha'_4 &= n_s \cdot \alpha_4 \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

wo

n_s = der Brechungsindex des Segmentes,

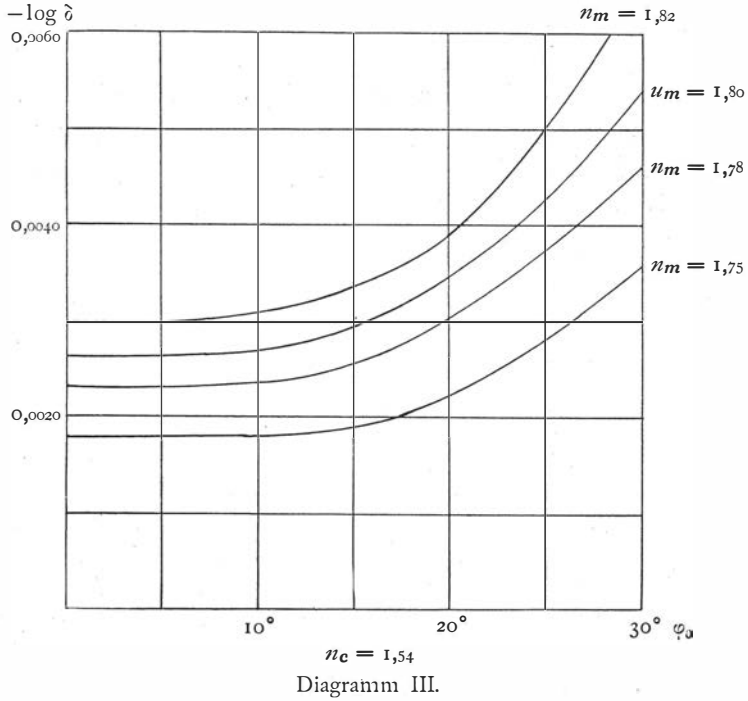
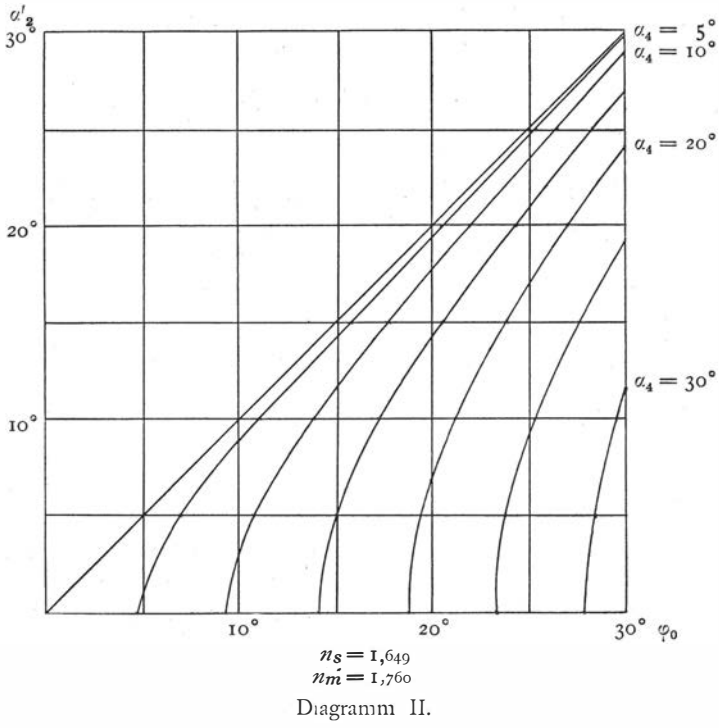
n_m = der Brechungsindex des Minerals in der angegebenen Richtung.

Hieraus wird aus der Gleichung:

$$\cos \varphi_0 = \cos \alpha'_2 \cdot \cos \alpha'_4 \quad (13)$$

φ_0 bestimmt.

Um die Rechnungen schneller und praktischer durchführen zu können, sind nach dem Typus von Diagramm II φ_0 von α'_2 (bestimmt nach dem BEREK'schen Diagramme (17)) und α_4 für einen bestimmten Wert n_m direkt ablesbar. Solche Diagramme sind für $n_m = 1,74; 1,76; 1,78; 1,80$ und $1,82$



angefertigt. Diagramm III zeigt graphisch das Verhältnis zwischen $\log \delta$, n_m und φ_0 , aus der Formel (5) und

$$n_c \cdot \sin i = n_m \cdot \sin \varphi_0 \quad (14)$$

berechnet, wo n_c = der Brechungsindex des Canadabalsams.

7. **Die Dicke der Schiffe** wurde zumeist in der Weise gemessen, dass das Mineral zusammen mit Quarz, an zwei entgegengesetzten Seiten angebracht, niedergeschliffen und die zwei Quarzkörner nach der BEREK'schen Methode bestimmt wurden (17). Die beiden Körner konnten in Dicke 1—3 % abweichen, wobei die Dicke der Mineralplatte als arithmetisches Mittel der zwei erhaltenen Dicken gesetzt worden war. Genauigkeit < 1 %. Auch die Methode des Herzogs von CHAULNES ist verwendet worden. Genauigkeit < 2 %.

Die Aufstellung sowohl wie die Flächenbezeichnungen sind die von DANA: A system of mineralogy gebrauchten. Die Orientierung in der Axenebene sind von der c -Axe berechnet und die Winkel von da angegeben, positiv in dem stumpfen, negativ in dem spitzen Winkel β . Die Dispersion sämtlicher Axen wird positiv gerechnet, wenn bei Verkürzung der Wellenlängen die Axen in der Richtung des Uhrzeigers gedreht werden, negativ in entgegengesetztem Sinn. Die Dispersion des Axenwinkels ($2V_a$) wird positiv gerechnet, wenn er für die kürzeren Wellenlängen am kleinsten ist.

Die Absorption ist in folgender Weise bezeichnet:

$A_a(C, D, F)$ = der Absorptionsmodul nach der Hauptschwingungsrichtung α für die C , D und F -Linien etc.

Wenn auch inkonsequent, sind die zu behandelnden Silikate mit der gebräuchlichen Nomenklatur bezeichnet. Nach den Oxyden als Aluminiumepidot, Eisenepidot und Piemontit, nach den Oxydulen als Eisenoxydul-epidot und Manganepidot.

Mineraluntersuchung.

I. Epidot mit zweiwertigem Mangan und dreiwertigem Eisen.

A. *Manganepidot von Jakobsberg.*

Dieses ist das einzige bisjetzt bekannte Mineral dieser Gruppe. Es wurde früher kristallographisch und optisch von G. FLINK (19) beschrieben. Dank gefälligem Entgegenkommen von Herrn Prof. G. AMINOFF an der Mineralogischen Abteilung des Riksmuseums in Stockholm bekam Verf. das Material dieses Instituts von dem angegebenen Vorkommen. Der Manganepidot war zusammen mit Manganophyll in einer Druse entwickelt, die in einem dichten Gestein, das aus Hyalophan, Manganepidot und Calcit bestand, sass. Das Material dürfte von der südöstlichen Grube

Svälterkullen bei Jakobsberg stammen (18). Es zeigte besonders wohl ausgebildete Kriställchen, welche nach der *b*-Achse ausgezogen waren. Die *c*-, *a*- und *p*-Fläche traten deutlichst hervor. Wir wollen die Resultate der Bestimmungen mitteilen.

1. Spez. Gew. $d_{19^{\circ},5} = 3,425$.
2. Lichtbrechung:

Tabelle I.

Lichtbrechungsexponenten. Manganepidot von Jakobsberg.

λ	Prisma I $\angle c: \perp$ geschliffene Fläche = $85^{\circ} 20'$ $\varphi_1 = 29^{\circ} 41',0$				Prisma II $\angle c: \perp$ geschl. Fl. = $-4^{\circ} 28'$ $\varphi_1 = 31^{\circ} 29',4$	
	α		β		γ	
	δ	n_3	δ	n_2	δ	n_1
<i>C</i>	$29^{\circ} 17',0$	1,7303	$30^{\circ} 26',0$	1,7509	$36^{\circ} 15',0$	1,7717
<i>D</i>	$29^{\circ} 41',0$	1,7375	$30^{\circ} 59',5$	1,7606	$37^{\circ} 4',5$	1,7820
<i>F</i>	$30^{\circ} 18',5$	1,7486	$31^{\circ} 32',0$	1,7699	—	(1,7865) ber.
<i>f</i>	—	—	$32^{\circ} 3',0$	1,7786	$38^{\circ} 25',0$	1,7966

4. Die Axenposition und der Axenwinkel. Die *A*-Achse wurde an einem Schliff // (001) und die *B*-Achse an einem Schliff $\angle c: \perp$ Schnittebene = $-49^{\circ} 22'$ gemessen. Der *B*-Austritt befand sich in der Richtung der positiven *c*-Achse.

Tabelle II.

Axenwinkel. Lage der Axenaustritte. Manganepidot von Jakobsberg.

λ	$\angle \perp(001): A$	$\angle c: A$	$\angle \perp$ Schliff.: <i>B</i>	$\angle c: B$	$2 V_a$	$2 V_a$ Flink	$2 V_a$ Berechnet
<i>C</i>	$15^{\circ} 47'$	$41^{\circ} 11'$	$2^{\circ} 7'$	$-47^{\circ} 13'$	$88^{\circ} 24'$	$88^{\circ} 40' 20''$	$89^{\circ} 16'$
<i>D</i>	$15^{\circ} 4'$	$40^{\circ} 28'$	$2^{\circ} 34'$	$-46^{\circ} 48'$	$87^{\circ} 16'$	$86^{\circ} 49' 20''$	$86^{\circ} 44'$
<i>F</i>	$11^{\circ} 38'$	$37^{\circ} 2'$	$3^{\circ} 28'$	$-45^{\circ} 54'$	$82^{\circ} 56'$	—	—

5. Der Auslöschungswinkel:

Tabelle III.

Auslöschungswinkel. Manganepidot von Tunaberg.

λ	$\angle c: a$ gem.	$\angle c: a$ Flink	$\angle c: a$ ber.
<i>C</i>	$-3^{\circ},6$	$-4^{\circ} 34'$	$-3^{\circ} 2'$
<i>D</i>	$-4^{\circ},0$	$-5^{\circ} 20'$	$-3^{\circ} 10'$
<i>F</i>	$-5^{\circ},3$	—	$-4^{\circ} 26'$

Tabelle IV.

Absorption. Manganepidot von Jakobsberg.

		$D_0 = 0,1085$ mm.						Schliff I $\angle c: \perp$ geschliffene Fläche = $-6^\circ 31'$						$a_2 = 0^\circ$ $\lambda = 0,000486$ mm.					
		$n_\gamma = 1,772$			$n_\beta = 1,751$			$n_\gamma = 1,782$			$n_\beta = 1,761$			$n_\gamma = 1,787$			$n_\beta = 1,770$		
a_4	φ_0	$\angle c: \text{gem. Richtung}$	v	A_0	v	A_0	φ_0	$\angle c: \text{gem. Richtung}$	v	A_0	φ_0	$\angle c: \text{gem. Richtung}$	v	A_0	φ_0	$\angle c: \text{gem. Richtung}$	v	A_0	
30°	$27^\circ,8$	$-34^\circ,3$	$30^\circ,2$	8,9	—	—	$27^\circ,6$	$-34^\circ,6$	$16^\circ,7$	20,2	—	—	—	$27^\circ,3$	$-33^\circ,8$	$7^\circ,1$	35,2	—	
20°	$18^\circ,5$	$-25^\circ,0$	$29^\circ,0$	10,6	—	—	$18^\circ,4$	$-24^\circ,9$	$15^\circ,9$	23,0	—	—	—	$18^\circ,3$	$-24^\circ,8$	$6^\circ,4$	39,5	—	
10°	$9^\circ,3$	$-15^\circ,8$	$28^\circ,8$	11,2	—	—	$9^\circ,3$	$-15^\circ,8$	$14^\circ,5$	25,4	—	—	—	$9^\circ,2$	$-15^\circ,7$	$6^\circ,0$	42,4	—	
0°	0°	$-6^\circ,5$	$27^\circ,6$	12,3	$22^\circ,7$	16,0	0°	$-6^\circ,5$	$13^\circ,5$	26,5	$19^\circ,5$	19,1	0°	$-6^\circ,5$	$5^\circ,6$	$44,2$	$24^\circ,5$	14,4	
10°	$9^\circ,3$	$+2^\circ,8$	$27^\circ,3$	12,5	—	—	$9^\circ,3$	$+2^\circ,8$	$14^\circ,1$	25,3	—	—	—	$9^\circ,2$	$+2^\circ,7$	$6^\circ,8$	40,0	—	
20°	$18^\circ,5$	$12^\circ,0$	$27^\circ,1$	12,0	—	—	$18^\circ,4$	$+11^\circ,9$	$13^\circ,4$	25,7	—	—	—	$18^\circ,3$	$11^\circ,8$	$7^\circ,6$	36,4	—	
30°	$27^\circ,8$	$21^\circ,3$	$25^\circ,6$	12,3	—	—	$27^\circ,6$	$21,1$	$13^\circ,2$	24,3	—	—	—	$27^\circ,3$	$20^\circ,8$	$7^\circ,1$	34,5	—	
		$D_0 = 0,1043$ mm.						Schliff II $\angle c: \perp$ geschliffene Fläche = $25^\circ,1$ [//(001)]						$a_2 = 0$ $\lambda = 0,000486$ mm.					
		$n'a = 1,751$			$n\beta = 1,751$			$n'a = 1,760$			$n\beta = 1,761$			$n'a = 1,768$			$n\beta = 1,770$		
a_4	φ_0	$\angle c: \text{gem. Richtung}$	v	A_0	v	A_0	φ_0	$\angle c: \text{gem. Richtung}$	v	A_0	φ_0	$\angle c: \text{gem. Richtung}$	v	A_0	φ_0	$\angle c: \text{gem. Richtung}$	v	A_0	
30°	$28^\circ,1$	$-2^\circ,7$	$25^\circ,8$	12,2	—	—	$28^\circ,0$	$-2^\circ,6$	$15^\circ,1$	22,0	—	—	—	$27^\circ,7$	$-2^\circ,3$	$5^\circ,7$	39,8	—	
20°	$18^\circ,7$	$+6^\circ,7$	$24^\circ,8$	13,9	—	—	$18^\circ,7$	$+6^\circ,7$	$13^\circ,8$	25,4	—	—	—	$18^\circ,5$	$+6^\circ,9$	$7^\circ,1$	37,7	—	
10°	$9^\circ,4$	$16^\circ,0$	$24^\circ,6$	14,7	—	—	$9^\circ,4$	$16^\circ,0$	$16^\circ,8$	22,6	—	—	—	$9^\circ,3$	$16^\circ,1$	$8^\circ,1$	36,8	—	
0°	0°	$25^\circ,4$	$27^\circ,9$	12,2	$22^\circ,2$	17,1	0°	$25^\circ,4$	$17^\circ,0$	22,7	$19^\circ,0$	20,3	0°	$25^\circ,4$	$9^\circ,0$	$35,2$	$23^\circ,0$	16,3	
10°	$9^\circ,4$	$34^\circ,8$	$28^\circ,7$	11,4	—	—	$9^\circ,4$	$34^\circ,8$	$17^\circ,0$	22,4	—	—	—	$9^\circ,3$	$34^\circ,7$	$9^\circ,2$	34,5	—	
20°	$18^\circ,7$	$44^\circ,1$	$26^\circ,2$	12,8	—	—	$18^\circ,7$	$44^\circ,1$	$13^\circ,3$	26,1	—	—	—	$10^\circ,1$	$43^\circ,9$	$10^\circ,1$	31,3	—	
30°	$28^\circ,1$	$53^\circ,5$	$30^\circ,1$	9,10	—	—	$28^\circ,0$	$53^\circ,4$	$17^\circ,8$	19,1	—	—	—	$13^\circ,4$	$53^\circ,1$	$13^\circ,4$	24,2	—	

Schliff III

$\angle c: \perp$ geschliffene Fläche = $90^\circ,0$ [(100)] $a_2 = 0$

a_4		$\lambda = 0,000656$ mm.													
		$n_a = 1,730$					$n_\beta = 1,751$								
		$\angle c: \text{gem. Richtung}$	v	A_0	v	A_0	$\angle c: \text{gem. Richtung}$	v	A_0	v	A_0				
30°	$28^\circ,5$	$61^\circ,5$	$18^\circ,9$	$11,9$	—	$28^\circ,4$	$61^\circ,6$	$9^\circ,6$	$19,7$	—	$28^\circ,1$	$61^\circ,9$	$3^\circ,4$	$31,5$	—
20°	$19^\circ,0$	$71^\circ,0$	$20^\circ,5$	$11,7$	—	$18^\circ,9$	$71^\circ,1$	$17^\circ,8$	$13,6$	—	$18^\circ,7$	$71^\circ,3$	$5^\circ,0$	$29,2$	—
10°	$9^\circ,4$	$80^\circ,6$	$24^\circ,2$	$10,1$	—	$9^\circ,4$	$80^\circ,6$	$22^\circ,1$	$11,2$	—	$9^\circ,4$	$80^\circ,6$	$7^\circ,1$	$26,0$	—
0°	0°	$90^\circ,0$	$24^\circ,4$	$10,0$	$13^\circ,0$	0°	$90^\circ,0$	$25^\circ,7$	$9,21$	$11^\circ,8$	0°	$90^\circ,0$	$8^\circ,3$	$24,5$	$13^\circ,8$
10°	$9^\circ,4$	$99^\circ,4$	$25^\circ,6$	$9,15$	—	$9^\circ,4$	$99^\circ,4$	$27^\circ,3$	$8,21$	—	$9^\circ,4$	$99^\circ,4$	$7^\circ,0$	$26,2$	—
20°	$19^\circ,0$	$109^\circ,0$	$25^\circ,0$	$8,08$	—	$18^\circ,9$	$108^\circ,0$	$24^\circ,6$	$9,30$	—	$18^\circ,7$	$108^\circ,7$	$5^\circ,5$	$28,0$	—
30°	$28^\circ,5$	$-61^\circ,5$	$22^\circ,5$	$9,73$	—	$28^\circ,4$	$-61^\circ,6$	$21^\circ,8$	$10,1$	—	$28^\circ,1$	$-61^\circ,9$	$3^\circ,7$	$30,5$	—

Schliff IV

$\angle c: \perp$ geschliffene Fläche = $-49^\circ 22'$ $a_2 = 0$

a_4		$\lambda = 0,000656$ mm.													
		$n_a = 1,751$					$n_\beta = 1,751$								
		$\angle c: \text{gem. Richtung}$	v	A_0	v	A_0	$\angle c: \text{gem. Richtung}$	v	A_0	v	A_0				
30°	$28^\circ,1$	$102^\circ,5$	$28^\circ,7$	$7,74$	—	$28^\circ,0$	$102^\circ,6$	$25^\circ,1$	$11,2$	—	$27^\circ,8$	$102^\circ,8$	$7^\circ,6$	$25,6$	—
20°	$18^\circ,7$	$111^\circ,9$	$28^\circ,5$	$8,47$	—	$18^\circ,7$	$111^\circ,9$	$22^\circ,8$	$11,7$	—	$18^\circ,6$	$112^\circ,0$	$6^\circ,5$	$30,3$	—
10°	$9^\circ,4$	$-58^\circ,8$	$27^\circ,1$	$9,46$	—	$9^\circ,4$	$-58^\circ,8$	$16^\circ,0$	$18,1$	—	$9^\circ,3$	$-58^\circ,7$	$5^\circ,2$	$35,6$	—
0°	0°	$-49^\circ,4$	$22^\circ,6$	$12,8$	—	0°	$-49^\circ,4$	$12^\circ,6$	$22,0$	—	0°	$-49^\circ,4$	$4^\circ,9$	$36,2$	—
10°	$9^\circ,4$	$-40^\circ,0$	$25^\circ,8$	$10,5$	—	$9^\circ,4$	$-40^\circ,0$	$14^\circ,9$	$19,2$	—	$9^\circ,3$	$-40^\circ,1$	$3^\circ,9$	$39,0$	—
20°	$18^\circ,7$	$-30^\circ,7$	$22^\circ,6$	$12,2$	—	$18^\circ,7$	$-30^\circ,7$	$10^\circ,0$	$24,2$	—	$18^\circ,6$	$-18^\circ,8$	$(2^\circ,9)$	$(41,6)$	—
30°	$28^\circ,1$	$-21^\circ,3$	$19^\circ,0$	$13,8$	—	$28^\circ,0$	$-21^\circ,3$	$9^\circ,5$	$25,8$	—	$27^\circ,8$	$-28^\circ,2$	$(2^\circ,7)$	$(39,6)$	—

6. Die Absorption: Diese wurde in vier Schliften \perp der optischen Axenebene gemessen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle IV ersichtlich.

Aus der Tabelle IV geht hervor, dass die Absorptionswerte einen recht regelmässigen Verlauf mit der Richtung für die verschiedenen Wellenlängen aufweisen, wenigstens innerhalb einer Bestimmungsrichtung $< 20^\circ$ von der Schnittnormalen. Eine deutliche Erhöhung der Werte ist in den Richtungen der Nähe der Axenaustritte zu finden. Diese Erscheinung dürfte aber nicht eigentlich auf die Absorption beruhen, sondern auf die eigenartigen Polarisationsverhältnisse in den angegebenen Richtungen, die bei farbigen Mineralen hervortreten und welche mit der Bestimmungsmethode nicht wegeliminiert werden können (8). Weiterhin kann man ersehen, dass die Absorption für die *C*-Linie durch ein Maximum zwischen $6^\circ,7-25^\circ,4$ und ein Minimum zwischen $99^\circ,4-61^\circ,5$, für die *D*-Linie $-15^\circ,8-+11^\circ,9$ resp. $90^\circ,0-108^\circ,9$, für die *F*-Linie zwischen $-15^\circ,7-+2^\circ,7$ resp. $80^\circ,6-99^\circ,4$ geht.

Wenn wir die Berechnungen nach der DRUDE'schen Theorie ausführen wollen, wählen wir die Absorptionswerte der Symmetrieachsen α und γ durch Interpolation aus den Bestimmungen in der nächsten Nähe dieser Axen und β als Mittel der drei Bestimmungen. Schliesslich ist die Absorption A_ϑ senkrecht der *c*-Fläche gewählt. Mit den DRUDE'schen Bezeichnungen ergeben sich die Polarisationskonstanten (aus den Brechungs-exponenten Tabelle I) und die Absorptionskonstanten aus den Tabellen V bzw. VI.

Tabelle V.

Polarisationskonstanten. Manganepidot von Jakobsberg.

λ	a_1	a_2	a_3
<i>C</i>	0,3186	0,3262	0,3440
<i>D</i>	0,3149	0,3225	0,3309
<i>F</i>	0,3134	0,3192	0,3271

Tabelle VI.

Absorptionsmodule. Absorptionindizes. Absorptionskonstanten nach DRUDE. Manganepidot von Jakobsberg.

λ	A_γ	A_β	A_α	A_ϑ	$z_1 \cdot 10^4$	$z_2 \cdot 10^4$	$z_3 \cdot 10^4$	$z_\vartheta \cdot 10^4$	$a'_{11} \cdot 10^4$	$a'_{22} \cdot 10^4$	$a'_{33} \cdot 10^4$	$a'_{31} \cdot 10^4$
<i>C</i>	12,4	16,9	10,0	$(\vartheta = 118^\circ,4)$ 12,2	3,64	5,01	3,03	3,61	2,32	3,27	2,08	0,082
<i>D</i>	26,1	19,7	9,87	$(\vartheta = 118^\circ,6)$ 22,7	6,77	5,23	2,64	6,05	4,26	3,37	1,75	0,20
<i>F</i>	42,3	16,1	25,6	$(\vartheta = 119^\circ,8)$ 35,2	9,15	3,52	5,57	7,61	5,73	2,25	3,64	-0,44

Aus der Tabelle VI lässt sich der Winkel φ zwischen der optischen Symmetrieaxe und der Absorptionsaxe zu den in der Tabelle VII angegebenen Werten berechnen. Das Maximum der Absorption liegt für rotes Licht in dem stumpfen, für blaues in dem spitzen Winkel. Die Dispersion der Absorptionsaxe (blau — rot) beträgt $29^{\circ},9$.

Tabelle VII.

Lage der maximalen Absorption. Manganepidot von Jakobsberg.

λ	φ	λ c: max. Absorption
C	$17^{\circ},2$	$14^{\circ},2$
D	$4^{\circ},5$	$1^{\circ},3$
F	$-11^{\circ},3$	$-15^{\circ},7$

In der Tabelle VIII ist für die Wellenlänge $\lambda = 0,000589$ mm. in der optischen Axenebene κ teils aus den bestimmten Absorptionen (Tabelle IV), teils nach der DRUDE'schen (20) Formel ($\vartheta = 0^{\circ} - 180^{\circ}$) berechnet worden. Daneben sind auch die Werte $n_2 \cdot \kappa_2$ angegeben.

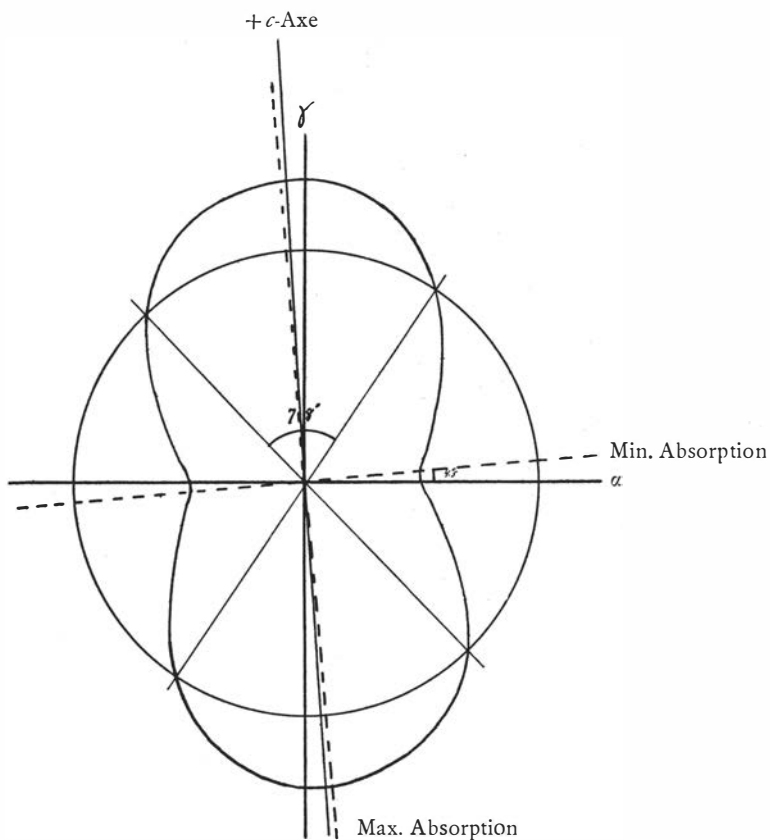


Fig. 3.

Tabelle VIII.

Berechnete und gefundene Absorptionsindizes. Manganepidot von
Jakobsberg. $n_2 \cdot n_2 = 9,23$.

α : angegebene Richtung	θ	$z \cdot 10^4$ Aus Tabelle IV ber.	$z \cdot 10^4$ Nach der Drudeschen Form. ber.	$z \cdot n_2 \cdot 10^4$
-34°,1		5,32		
-33°,2	60°		5,43	9,64
-24°,9		6,05		
-23°,2	70°		6,06	10,8
-15°,8		6,69		
-13°,2	80°		6,54	11,7
-6°,5		6,98		
-3°,2	90°		6,77	12,1
+2°,8		6,66		
6°,8	100°		6,75	12,0
16°,0		6,03		
16°,8	110°		6,47	11,5
25°,4		6,05		
26°,8	120°		6,00	10,7
34°,8		5,97		
36°,8	130°		5,51	9,74
44°,1		6,96		
46°,8	140°		4,65	8,20
53°,4		5,09		
56°,8	150°		3,91	6,87
61°,6		5,32		
66°,8	160°		3,30	5,77
71°,1		3,67		
76°,8	170°		2,96	5,17
80°,6		3,02		
86°,8	180°		2,64	4,61
90°,0		2,48		
96°,8	10°		2,74	4,79
102°,5		2,92		
106°,8	20°		2,89	5,06
111°,9		3,15		
-63°,2	30°		3,38	5,94
-58°,8		4,63		
-53°,2	40°		3,98	7,02
-49°,4		5,87		
-43°,2	50°		4,72	8,34
-40°,0		5,12		
-34°,1		5,32		

Um die Schnittkurve der Absorptionsoberfläche mit der opt. Symmetrieebene darzustellen, wurden in Figur 3 die Werte $n \cdot \kappa$ senkrecht und parallel der angegebenen Ebene als Radienvektoren abgesetzt. Die Schnittpunkte der beiden Kurven oder die Richtungen gleicher Absorption der senkrecht zu einander schwingenden Strahlen bilden einen Winkel von etwa 78° . Solche Schnittpunkte scheinen weder für rotes noch für blaues Licht auftreten zu können, wie es aus Tabelle VI hervorgeht. Im ersten Fall fällt $n_2 \cdot \kappa_2$ durchaus ausserhalb der anderen Oberflächenkurve, im letzteren Fall innerhalb derselben.

7. Chemische Zusammensetzung:

Tabelle VIII b.

Analyse (J. JAKOB). Manganepidot von Jakobsberg.

	Gewichts-%	Mol.-%
SiO ₂	37,14	44,05
TiO ₂	0,26	0,23
Al ₂ O ₃	22,52	15,75
Fe ₂ O ₃	12,06	5,80
FeO	0,00	—
Mn ₂ O ₃	0,00	—
MnO	2,26	2,28
MgO	0,19	0,34
CaO	23,84	30,42
Na ₂ O	0,45	0,52
K ₂ O	0,29	0,22
H ₂ O (+ 110°)	0,10	0,39
H ₂ O (- 110°)	0,00	—
	<u>100,01</u>	<u>100,00</u>

2. Epidote mit dreiwertigem Mangan und Eisen.

A. *Piemontit von Långban.*

Unter den von Präparator A. R. ANDERSSON gesammelten Mineralen von Långban befand sich im hiesigen Institute ein recht reichliches Material von diesem Piemontit. Das Mineral kam als gesammelte Aggregate oder kleinere, meistens gerundete Körner im Kalkstein zusammen mit gelbem Schefferit und rosa bis hell blaugrünem Hyalophan vor. Gute Kristallflächen waren sehr selten entwickelt und meistens uneben und gestreift. An zwei Kriställchen konnte der Winkel zwischen den Flächen (001) und (100) goniometrisch gemessen werden, wobei derselbe im Mittel = $64^\circ 37'$ gefunden wurde. Das Material zeichnete sich weiter durch seine beinahe peschschwarze Farbe und seine für Epidote ungewöhnlich grosse Sprödeheit aus.

1. Spez. Gew. $d_{20^\circ,0} = 3,470$.
2. Lichtbrechung:

Tabelle IX.

Lichtbrechungsexponenten. Piemontit von Långban.

λ	Prisma I: 1 $\sphericalangle c: \perp$ geschl. Fläche = $85^\circ 39'$ $\varphi_1 = 24^\circ 13',4$		Prisma I: 2 $\sphericalangle c: \perp$ geschl. Fläche = $89^\circ 39'$ $\varphi_1 = 19^\circ 34',9$				Prisma II $\sphericalangle c: \perp$ geschl. Fläche = $-4^\circ 8'$ $\varphi_1 = 20^\circ 3',0$				Prisma III $\sphericalangle c: \perp$ geschl. Fläche = $-3^\circ 58'$ $\varphi_1 = 11^\circ 38',8$			
	α		α		β		β		γ		β		γ	
	δ	n_1	δ	n_1	δ	n_2	δ	n_2	δ	n_3	δ	n_2	δ	n_3
<i>C</i>	$21^\circ 37',5$	1,7482	$16^\circ 18',0$	1,7488	$17^\circ 2',5$	1,7800	$17^\circ 33',0$	1,7795	$18^\circ 31',0$	1,8184	$9^\circ 24',0$	1,7789	$9^\circ 52',5$	1,8172
594 <i>m</i> μ	—	—	—	—	—	—	$17^\circ 45',5$	1,7880	$18^\circ 44',5$	1,8273	—	—	—	—
<i>D</i>	$21^\circ 52',0$	1,7558	$16^\circ 27',5$	1,7555	$17^\circ 13',5$	1,7876	—	—	—	—	$9^\circ 32',0$	1,7897	$10^\circ 1',0$	1,8286
558 <i>m</i> μ	—	—	$16^\circ 30',5$	1,7576	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
528 <i>m</i> μ	$22^\circ 2',0$	1,7608	$16^\circ 36',0$	1,7614	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Das Prisma I hatte ursprünglich einen brechenden Winkel von $24^\circ 13',4$ (I: 1), welches nur messbares Licht in der α -Richtung durchliess. Dieses wurde deswegen noch etwa 5° niedergeschliffen (Prisma I: 2).

4. Der Axenwinkel und die Lage der Axenaustritte sind von der (001)-Fläche und einem Schriff $\sphericalangle c: \Delta$ Fläche $= -53^\circ 26'$ gemessen. Tabelle X.

Tabelle X.

Axenwinkel. Lage der Axenaustritte. Piemontit von Långban.

λ	$\sphericalangle \perp (001): A$	$\sphericalangle c: A$	$\sphericalangle \perp$ Schriff: <i>B</i>	$\sphericalangle c: B$	$2 V_a$	$2 V_a$ berechnet
<i>C</i>	$19^\circ 0'$	$44^\circ 24'$	$1^\circ 48'$	$-51^\circ 40'$	$96^\circ 4'$	$94^\circ 24'$
<i>D</i>	$17^\circ 4'$	$42^\circ 28'$	$1^\circ 52'$	$-51^\circ 36'$	$94^\circ 4'$	$93^\circ 44'$
<i>F</i>	$10^\circ 39'$	$36^\circ 3'$	$7^\circ 58'$	$-45^\circ 30'$	$81^\circ 33'$	—

5. Der Auslöschungswinkel: Im Schnitt \perp der b -Achse gemessen.

Tabelle XI.

Auslöschungswinkel. Piemontit von Långban.

λ	$\sphericalangle c: a$ gem.	$\sphericalangle c: a$ ber.
<i>C</i>	$-3^\circ ,4$	$-3^\circ 38'$
<i>D</i>	$-3^\circ ,9$	$-4^\circ 34'$
<i>F</i>	—	$-4^\circ 43'$

6. Die Absorption:

Tabelle XII.

Absorption. Piemontit von Långban.

λ	Schliff I // (001) $D_0 = 0,0406$ mm				Schliff II \blacktriangle der b -Axe $D_0 = 0,0984$ mm			
	$\alpha_2 = 0^\circ$ $\alpha_4 = 0^\circ$ // der Axenebene		\perp der Axenebene		// der γ -Richtung		// der α -Richtung	
	v	A_θ	v	A_β	v	A_γ	v	A_α
C	$27^\circ,5$	$(\theta = 29^\circ,0)$ $31,8$	$25^\circ,1$	$37,1$	$18^\circ,1$	$17,6$	$24^\circ,0$	$16,3$
D	$9^\circ,6$	$(\theta = 30^\circ,0)$ $87,7$	$21^\circ,6$	$45,4$	$3^\circ,9$	$54,5$	$14^\circ,9$	$26,8$
F	—	—	$25^\circ,4$	$36,4$	—	—	—	—

Bei Berechnung nach der DRUDE'schen Theorie bemerkt man, dass dieses Mineral im Gegensatz zu dem vorherigen für rotes und gelbes Licht optisch positiv ist. Die erste Mittellinie repräsentiert hier den Austritt von γ und die Konstanten, die sich zu α und γ referieren, werden in diesem Sinn umgekehrt. Tabelle XIII u. XIV.

Tabelle XIII.

Polarisationskonstanten. Piemontit von Långban.

λ	a_1	a_2	a_3	n_θ
C	0,3271	0,3158	0,3026	1,800
D	0,3244	0,3126	0,2989	1,810

Tabelle XIV.

Absorptionsindizes und Absorptionskonstanten. Piemontit von Långban.

λ	$\alpha_1 \cdot 10^4$	$\alpha_2 \cdot 10^4$	$\alpha_3 \cdot 10^4$	$\alpha_\theta \cdot 10^4$	$\alpha'_{11} \cdot 10^4$	$\alpha'_{22} \cdot 10^4$	$\alpha'_{33} \cdot 10^4$	$\alpha'_{31} \cdot 10^4$
C	4,76	10,9	5,07	9,26	3,11	6,88	3,07	-3,07
D	7,15	11,9	14,0	18,1	4,64	7,44	8,37	-4,07

Aus den Werten der Tabelle XIV wurde die Lage der maximalen Absorption berechnet. Tabelle XV.

Tabelle XV.

Die Lage der maximalen Absorption. Piemontit von Långban.

λ	φ	$\angle c$: max. Absorption	Dispersion der Abs.-Axen
C	$45^{\circ},2$	$41^{\circ},6$	} $+13^{\circ},5$
D	$32^{\circ},7$	$28^{\circ},1$	

In gleicher Weise wie bei dem Manganepidot von Jakobsberg sind die Absorptionsindizes // und \perp der Achsenebene für $\lambda=0,000589$ mm berechnet (Tabelle XVI) und in der Fig. 4 als Radienvektoren ausgezeichnet. Der Winkel gleicher Absorption // und \perp der Achsenebene beträgt etwa 80° .

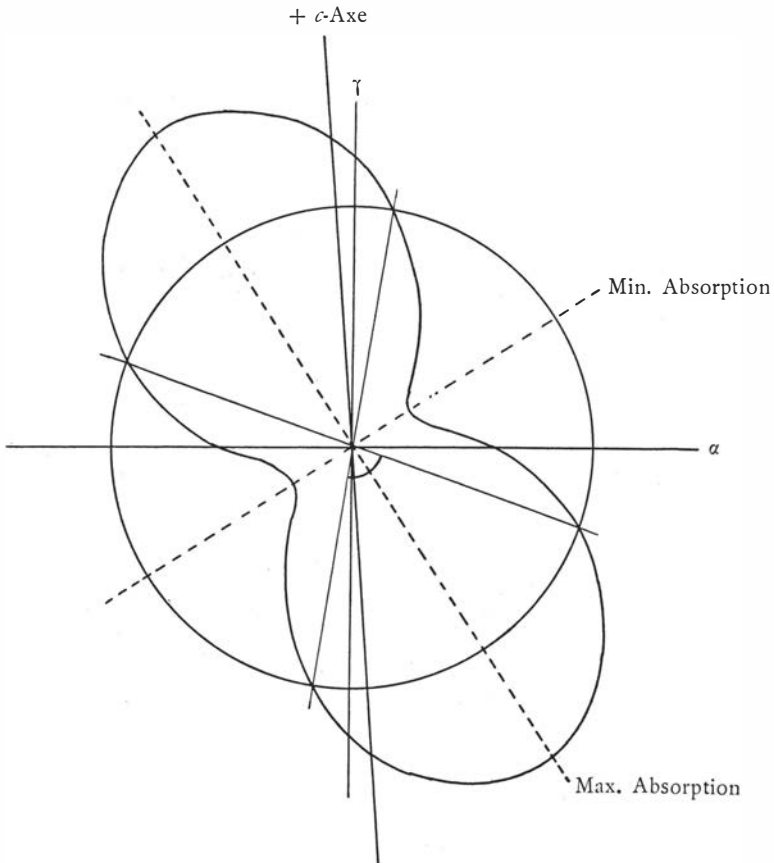


Fig. 4

Tabelle XVI.

 $\alpha.n //$ und \perp der Achsenebene. Piemontit von Långban.

$$\alpha_2 \cdot n_2 = 21,2.$$

ϑ	$\alpha : c$: ber. Richtung	$\alpha \cdot n \cdot 10^4$
0°	-4°,6	25,6
10°	5°,4	29,4
20°	15°,4	31,6
30°	25°,4	32,7
40°	35°,4	31,4
50°	45°,4	28,9
60°	55°,4	25,2
70°	65°,4	22,1
80°	75°,4	18,5
90°	85°,4	12,5
100°	95°,4	8,11
110°	105°,4	6,74
120°	115°,4	5,86
130°	-54°,6	6,16
140°	-44°,6	8,18
150°	-34°,6	11,8
160°	-24°,6	16,0
170°	-14°,6	21,0

7. Chemische Zusammensetzung:

Tabelle XVII.

Analyse (J. JAKOB). Piemontit von Långban.

	Gewichts-%	Mol.-%
SiO ₂	36,55	42,87
TiO ₂	0,31	0,28
Al ₂ O ₃	12,43	8,60
Fe ₂ O ₃	6,43	2,85
FeO	0,00	—
Mn ₂ O ₃	22,00	9,85
CaO	16,10	20,29
Na ₂ O	2,59	2,96
K ₂ O	0,59	0,45
H ₂ O (+110°)	3,02	11,85
H ₂ O (-110°)	0,00	—
	100,02	100,00

B. *Piemontit von Tunaberg.*

Ein Mineral von Tunaberg, von Präparator A. R. ANDERSSON gesammelt, zeigte sich der chemischen Analyse nach als ein Piemontit dieser Gruppe. Wie aus den späteren Erörterungen hervorgehen soll, gehört dieser Piemontit eigentlich zu der nächsten Gruppe.

Er kommt in identisch derselben Mineralassoziation wie der Långbaner Piemontit (Schefferit, Hyalophan in körnigem Kalkstein) vor. Er ist als millimetergrosse Aggregate oder einzelne Krystallindividuen ausgebildet. Ein Teil der Kryställchen waren so wohlausgebildet, dass sie relativ schöne Reflexe im Goniometer gaben. Die Kristalle waren nach der Orthoaxe mit dem Hauptteil der Flächen in der Zone [010] ausgezogen. Nur bei einem der Kryställchen sah man die Fläche (110) in der Zone [001] bestimmbar entwickelt. Als Mittel von 10 Ablesungen wurde $\angle c(001):a(100) = \beta = 64^\circ 36',7$ mit einem Mittelfehler der Ablesungen von $1',6$ bestimmt, $\angle c:m(110) = 55^\circ 1',3 \pm 1',8$ samt $\angle c:e(101) = 39^\circ 40',4 \pm 1,5$. Hieraus wurde das Axenverhältnis $a:b:c = 1,5820 : 1 : 1,8034$ berechnet. Die übrigen Flächen waren:

Tabelle XVIII.

	Berechnete Winkel	Gefundene Winkel
$c:r(\bar{1}01)$	$63^\circ 32'$	$63^\circ 35'$
$c:l(\bar{2}01)$	$89^\circ 24'$	$89^\circ 21'$
$c:i(\bar{1}02)$	$34^\circ 14'$	$34^\circ 16'$
$c:(\bar{2}07)$	$18^\circ 51'$	$18^\circ 40'$

Das Mineral spaltet besonders gut nach (001). Mikroskopisch kann man ausserdem eine Andeutung von Spaltbarkeit nach (100) und (010) beobachten. Zwillinge, die relativ selten auftraten, waren immer nach der Zwillingsebene (100) ausgebildet. Die makroskopische Farbe war schwarz mit einem Stich in dunkelrot.

1. Spez. Gew. $d_{19^\circ,5} = 3,447$.
2. Lichtbrechung:

Tabelle XIX.

Lichtbrechungsexponenten. Piemontit von Tunaberg.

λ	Prisma I				Prisma II		Prisma III	
	$\angle c : \perp$ geschl. Fläche = $85^\circ,3$ $\varphi_1 = 17^\circ 19',0$				$\angle c : \perp$ geschl. Fläche = $4^\circ,3$ $\varphi_1 = 29^\circ 56',6$		Die brechende Kante // der b -Axe $\frac{\varphi_1}{2} = 13^\circ 22',4$	
	γ		β		α		β	
	δ	n_1	δ	n_2	δ	n_1	2δ	n_2
<i>C</i>	$14^\circ 59',0$	1,7953	$14^\circ 10',0$	1,7548	$30^\circ 12',0$	1,7376	$42^\circ 17',0$	1,7546
<i>D</i>	$15^\circ 12',0$	1,8059	$14^\circ 21',0$	1,7637	$30^\circ 39',5$	1,7455	$42^\circ 47',5$	1,7634
<i>F</i>	$15^\circ 32',0$	1,8225	$14^\circ 37',5$	1,7775	—	(1,761)	$43^\circ 34',5$	1,7770

4. Der Axenwinkel und die Lage der Axenaustritte. Die A -Axe wurde an einem Schriff // (001), die B -Axe an einem Schriff $\times c : \perp$ geschliffene Fläche = $94^\circ 10'$ gemessen.

Tabelle XX.

Axenwinkel, Lage der Axenaustritte. Piemontit von Tunaberg.

λ	$\times \perp (001) : A$	$\times c : A$	$\times \perp$ Schriff : B	$\times c : B$	$2 V_a$	$2 V_a$ ber.	$2 V_a$, nach der WRIGHT'schen Methode best.
C	$26^\circ 52'$	$52^\circ 16'$	$33^\circ 58'$	$-60^\circ 12'$	$112^\circ 24'$	$112^\circ 44'$	$112^\circ,8$
D	$24^\circ 43'$	$50^\circ 7'$	$32^\circ 22'$	$-61^\circ 42'$	$111^\circ 49'$	$112^\circ 24'$	$111^\circ,6$
F	$20^\circ 50'$	$45^\circ 14'$	$30^\circ 40'$	$-63^\circ 13'$	$108^\circ 37'$	—	—

Der Axenwinkel ist auch nach dem WRIGHT'schen Verfahren bei einem Axenaustritt bestimmt. Die Werte (Mittel von 5 Bestimmungen) gehen aus der letzten Kolonne der Tabelle hervor.

5. Der Auslöschungswinkel:

Tabelle XXI.

Auslöschungswinkel. Piemontit von Tunaberg.

λ	$\times c : a$ ber.	$\times c : a$ best.
C	$-3^\circ 53'$	$-4^\circ,4$
D	$-5^\circ 47'$	$-5^\circ,4$
F	$-9^\circ 48'$	$-9^\circ,6$

6. Die Absorption:

Die Bestimmungen der Absorption (Tab. XXII) wurde durch eine grosse Rissigkeit erschwert. Wir können daher denselben nicht die Genauigkeit beilegen, wie denen der beiden vorherbeschriebenen. Ohne dass die Rechnungen vollführt werden, kann aber aus den Resultaten herausgelesen werden, dass die maximale Absorption für rot und gelb in sehr naher Übereinstimmung mit der Absorptionsfigur des Manganepidots steht, dass sie also näher an dem Austritt γ liegen dürfte.

7. Chemische Zusammensetzung:

Das Material (0,4 gr), das zur Analyse übrig war, war allzu gering, um auf zweiwertiges Eisen und Mangan prüfen zu können.

Tabelle XXII.

Die Absorption des Piemontits von Tunaberg.

λ	Schliff I $\perp \tilde{\gamma}$ -Austritt eingest. $D_0 = 0,1019$ mm			Schliff II $\perp \beta$ -Austritt eingest. $D_0 = 0,0889$ mm			Schliff III \parallel (oor) $D_0 = 0,0791$ mm									
	β			$\tilde{\gamma}$			α			γ'						
	φ_0	ν	A_0	φ_0	ν	A_0	φ_0	ν	A_0	ν	A_0	ν	A_0			
C	$14^{\circ},4$	$5^{\circ},1$	45,8	$14^{\circ},5$	$17^{\circ},1$	22,3	$13^{\circ},4$	$18^{\circ},6$	23,7	$13^{\circ},8$	$19^{\circ},1$	22,7	$19^{\circ},8$	25,7	$10^{\circ},0$	44,1
D	$14^{\circ},4$	$4^{\circ},8$	46,9	$14^{\circ},5$	$16^{\circ},1$	23,5	$13^{\circ},4$	$3^{\circ},1$	58,7	$13^{\circ},8$	$17^{\circ},4$	25,2	$9^{\circ},4$	45,4	$9^{\circ},6$	45,1
F	$14^{\circ},0$	$8^{\circ},1$	37,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$11^{\circ},7$	40,1

Tabelle XXII a.

Analyse (N. SAHLBOM). Piemontit von Tunaberg.

	Gew.-%	Mol.-%
SiO ₂	36,06	43,21
Al ₂ O ₃	21,50	15,20
Fe ₂ O ₃	5,49	2,48
Mn ₂ O ₃	12,12	5,55
CaO	23,06	29,70
MgO	0,85	2,33
H ₂ O	0,58	1,53
	99,66	100,00

3. Epidot mit zweiwertigem Mangan und dreiwertigem Mangan und Eisen.

A. Piemontit von St. Marcel.

Es wurde an diesem Piemontit von dem bekanntesten Vorkommnis einige komplettierende optische Untersuchungen ausgeführt. Er hat früher einer Reihe von Chemikern und Mineralogen den Gegenstand mehrerer Untersuchungen ausgemacht, von welchen die wichtigsten und spätesten von DES CLOIZEAUX (22) und LASPEYRES (21) hier angeführt werden. Das zu untersuchende Material stammte aus den hiesigen Sammlungen und scheint mit dem von LASPEYRES (pag. 554) verwendeten identisch zu sein. Es trat zusammen mit Quarz als nach der Orthoaxe langgestreckte Prismen ohne Endflächen auf. Die Flächen waren oftmals gestreift und gekrümmt, und es bereitete grosse Schwierigkeiten, messbare solche für die Schliiforientierung zu finden. Späterhin erhielt ich von Prof. JAKOB das Material, das zur Analyse angewandt worden war, welches dasselbe Auftreten und dieselbe Entwicklung wie das erstbeschriebene zeigte. Um aber betreffs der Identität noch sicherer zu sein, wurde eine Prüfung des Axenwinkels an diesem Material unternommen.

1. Spez. Gew. $d_{19^{\circ},5} = 3,453$.
2. Lichtbrechung:

Tabelle XXIII.

Lichtbrechungsexponenten. Piemontit von St. Marcel.

λ	Prisma I $\angle c: \perp$ geschl. Fläche = $= 83^{\circ},5 \quad \varphi_1 = 17^{\circ} 20',2$		Prisma II $\angle c: \perp$ geschl. Fläche = $-7^{\circ},0$ $\varphi_2 = 16^{\circ} 7',6$			
	a		β		γ	
	δ	n_1	δ	n_2	δ	n_3
<i>C</i>	$13^{\circ} 56',0$	1,7117	$13^{\circ} 22',5$	1,7720	$14^{\circ} 15',15$	1,8211
<i>D</i>	$14^{\circ} 5',0$	1,7495	$13^{\circ} 32',5$	1,7821	$14^{\circ} 27',5$	1,8318
<i>F</i>	—	—	$13^{\circ} 50',0$	1,7979	—	—
<i>f</i>	—	—	—	—	$14^{\circ} 55'$	1,8558

4. Der Axenwinkel und die Lage der optischen Axen:

Tabelle XXIV.

Axenwinkel, Lage der Axenaustritte. Piemontit von St. Marcel.

λ	Das Material der hiesigen Sammlung						Das Material von JAKOB			
	Schliff I $\star c: \perp \text{Schliff} =$ $= 33^\circ 26'$		Schliff II $\star c: \perp \text{Schliff} =$ $= -55^\circ 33'$		$2 V_a$ best.	$2 V_a$ ber.	Schliff I // (001)		Schliff II $\star c: \perp \text{Schliff} =$ $= -61^\circ 44'$	
	$\star \perp \text{Schliff}: A$	$\star c: A$	$\star \perp \text{Schliff}: B$	$\star c: B$			$\star \perp (001): A$	$\star c: A$	$\star \perp \text{Schliff}: B$	$\star c: B$
	$\star \perp \text{Schliff}: A$	$\star c: A$	$\star \perp \text{Schliff}: B$	$\star c: B$			$\star \perp (001): A$	$\star c: A$	$\star \perp \text{Schliff}: B$	$\star c: B$
<i>C</i>	$10^\circ 13'$	$43^\circ 39'$	$2^\circ 10'$	$-57^\circ 43'$	$101^\circ 22'$	$101^\circ 50'$	$17^\circ 55'$	$43^\circ 19'$	$4^\circ 5'$	$-57^\circ 39'$
<i>D</i>	$9^\circ 27'$	$42^\circ 53'$	$0^\circ 59'$	$-56^\circ 32'$	$99^\circ 25'$	$100^\circ 2'$	$17^\circ 5'$	$42^\circ 29'$	$5^\circ 20'$	$-56^\circ 24'$
<i>F</i>	$3^\circ 45'$	$37^\circ 11'$	$4^\circ 14'$	$-59^\circ 47'$	$96^\circ 58'$	—	$11^\circ 34'$	$36^\circ 58'$	—	—

Der Axenwinkel bestimmt von DES CLOIZEAUX $2 V_\gamma = 79^\circ$.

5. Der Auslöschungswinkel:

Tabelle XXV.

Auslöschungswinkel. Piemontit von St. Marcel.

λ	$\star c: a$ ber.	$\star c: a$ best.	$\star c: a$ LAS- PEYRES
<i>C</i>	$-7^\circ 2'$	$-7^\circ,3$	$-7^\circ 26'$
<i>D</i>	$-6^\circ 49'$	$-6^\circ,6$	$-6^\circ 41'$
<i>F</i>	$-11^\circ 18'$	$-10^\circ,5$	—

Bemerkenswert ist, dass der α -Austritt gleichwie die B -Axe durch einen Wendepunkt zwischen den Wellenlängen C und F gehen.

6. Die Absorption:

Die Tabelle XXVI gibt das Resultat der Absorptionsmessungen wieder. In den letzten Kolonnen sind daneben die berechneten Werte der Messungen von LASPEYRES (VIERORDTS Spektralphotometer) angeführt, die aus seinem Diagramm abgelesen wurden. Die beiden Messungen zeigen eine recht gute Übereinstimmung mit Ausnahme der Werte für $A_{\beta C}$, die bei wiederholten Bestimmungen immer einen höheren Betrag zeigten. Das Maximum der Absorption scheint für rotes Licht zwischen 15° — 20° von der positiven c -Axe aus zu fallen.

7. Chemische Zusammensetzung.

Table XXVI.

Absorption. Piemontit von St. Marcel.

	Schliff I ⊥ β-Austritt eingestellt $D_0 = 0,0787$ mm			Schliff II ⊥ b-Axe $D_0 = 0,0443$ mm			Schliff III c: ⊥ geschl. Fläche = 33° 28' $D_0 = 0,0674$ mm			Aus der Best. LASPEYRES berechnet										
	$a_3 = 25^{\circ}, 3$ $a_4 = 0^{\circ}$	$a_2 = 0^{\circ}$ $a_4 = 0^{\circ}$	$a_2 = 0^{\circ}$ $a_4 = 0^{\circ}$	$a_2 = 0^{\circ}$ $a_4 = 0^{\circ}$	$a_2 = 0^{\circ}$ $a_4 = 0^{\circ}$	$a_2 = 0^{\circ}$ $a_4 = 0^{\circ}$	$a_2 = 0^{\circ}$ $a_4 = 0^{\circ}$	$a_2 = 0^{\circ}$ $a_4 = 0^{\circ}$	$a_2 = 0^{\circ}$ $a_4 = 0^{\circ}$	Schliff ⊥ β $D_0 = 0,0695$ mm	Schliff ⊥ α $D_0 = 0,0663$ mm	γ								
	γ	γ	γ	γ	γ	γ	γ	γ	geh. Licht % durch A ₀	geh. Licht % durch A ₀										
λ	φ ₀	ν	A ₀	φ ₀	ν	A ₀	φ ₀	ν	A ₀	γ	A ₀	A ₀								
C	22° 15	15° 9	29,6	23° 17	21° 14	21,9	26° 39	30,3	31° 30	22,7	17° 39	33,8	12° 35	44,5	24,6	20,2	7,5	39,1	16,2	27,5
D	—	—	—	23° 17	12° 15	35,5	—	—	23° 38	36,7	—	—	9° 16	52,5	7,2	37,9	—	—	—	—
F	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9° 39	51,6	—	—	—	3,3	51,4	—

Table XXVII.

Analyse (J. JAKOB). Piemontit von St. Marcel.

	Gew.-%	Mol.-%		Gew.-%	Mol.-%
SiO ₂	37,31	46,00	MgO	0,00	—
TiO ₂	0,06	0,05	CaO	20,64	27,36
Al ₂ O ₃	18,20	13,25	NH ₂ O	0,67	0,80
Fe ₂ O ₃	8,46	3,94	K ₂ O	0,30	0,24
FeO	0,00	—	H ₂ O (+110°)	0,14	0,58
Mn ₂ O ₃	12,33	5,80	H ₂ O (-110°)	0,00	—
MnO	1,89	1,98		100,00	100,00

B. *Piemontit von Oberwallis.*

Von Prof. JAKOB erhielt Verf. eine Stufe Piemontit von diesem Vorkomis. Das Mineral kam als Spaltenbildung in einem feinkörnigen Sandstein vor. Der Sandstein war zum Teil mit Calcit verkittet, meistens aber sassen die Quarzkörner so locker zusammengefügt, dass er bereits mit den Fingern zerkrümelte werden konnte. Der Piemontit trat entweder als eine homogene Masse, die sich unter dem Mikroskop als eine aggregatpolarisierende Substanz entpuppte, oder als lose zusammengefügte Kriställchen von etwa $\frac{1}{20}$ mm. Länge nach der Orthoaxe. Wenn das Material zerkrümelte und zwischen Deck- und Objektglas gepresst wurde, erhielt der grösste Teil der Kristalle eine gleiche Orientierung. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist dieser Umstand von der tafeligen Ausbildung der Kriställchen nach der c -Fläche abhängig. Die Kanten der Prismenflächen (110), ($\bar{1}\bar{1}0$) sowie des Pinakoids (100) waren in diesem Schnitte oftmals wohl ausgebildet und die Winkel zwischen den Kanten (110):(110) und (100):(110) wurden zu $72^{\circ},5$ resp. $57^{\circ},6$ gemessen, welches die Winkel der Kanten (110):(110) und (100):(110) gleich $70^{\circ},8$ resp. $54^{\circ},9$ in der Zone [001] geben sollte, wenn wir einen Winkel zwischen der c -Fläche und der angegebenen Zonenfläche = $25^{\circ},4$ annehmen. Zwillinge nach (100) sind relativ gewöhnlich. Auch wurde in einem Schnitt ein Zwilling nach (001) entdeckt.

1. Spez. Gew. $d_{20^{\circ},0} = 3,439$.

2. Lichtbrechung (Immersion):

n_{α} (Eigenfarbe gelb) = 1,746, n_{β} (Eigenfarbe rotviolett) = 1,776, n'_{γ} (Eigenfarbe rot) = 1,793.

Die kleinste Lichtbrechung n_{α} wurde an Mineralsplittern gemessen, die, wenn auch selten, auf die α -Fläche fielen, und dürfte n_{α} entsprechen, obwohl nicht genau im Austritt von γ gemessen. Es waren Mineralsplitter, die in der Nähe des α -Austritts lagen, kaum jemals vorhanden, weswegen die Lichtbrechung n'_{γ} auf der c -Fläche gemessen wurde.

4. Der Axenwinkel und die Lage der optischen Axen.

In einem Schnitt // (001) wurde der Normalenabstand mit dem WRIGHTSchen Okular gemessen.

Tabelle XXVIII.

Austritt der A -Axe. Piemontit von Oberwallis.

λ	$\angle \perp (001): A$	$\angle c: A$
C	$14^{\circ},4$	$39^{\circ},6$
D	$13^{\circ},0$	$38^{\circ},4$
F	$8^{\circ},1$	$33^{\circ},5$

Auch wurde mit dem Universaldrehtische die Lage der Axenaustritte bestimmt. Das Verfahren war auf der Erscheinung gegründet, das zwischen gekreuzten Nicols in der Lage der Axenaustritte eine Aufhellung stattfindet (8). Diese Aufhellung besteht zwar noch 5° bis 6° von der Axe, wenn man aber das Mittel zwischen Beginn und Schluss der Aufhellung nimmt, dürfte man ziemlich brauchbare Werte (Fehler $< 2^\circ$) erhalten. In dieser Weise, unter Verwendung von rotem Lichtfilter, wurde in einem Schnitt die A -Axe 41° (reduzierter Winkel), die B -Axe 46° von der Spur der α -Fläche, und an einem Zwilling wurde der Winkelabstand der A -Axen der beiden Individuen gleich 81° gemessen; Axenwinkel $2 V_\alpha = 87^\circ$.

5. Auslöschungswinkel = -3° (berechnet).

6. Die Absorption:

Tabelle XXIX.

Absorption. Piemontit von Oberwallis.

λ	Schliff I								
							$D_0 = 0,0582 \text{ mm}$		
	$\alpha_2 = 5^\circ,4$ $\alpha_4 = 0^\circ$		$\perp \gamma$ -Austritt eingestellt			$\alpha_2 = 25^\circ,5$ $\alpha_4 = 0^\circ$		$\perp \beta$ -Austritt eingestellt	
	α			β			γ		
	φ_0	ν	A_0	φ_0	ν	A_0	φ_0	ν	A_0
C	$5^\circ,2$	$33^\circ,3$	13,9	$5^\circ,1$	$24^\circ,0$	27,1	$23^\circ,4$	$30^\circ,5$	16,5
D	$5^\circ,2$	$28^\circ,1$	20,1	$5^\circ,1$	$21^\circ,4$	31,3	$23^\circ,4$	$10^\circ,1$	54,3
F	—	—	—	$5^\circ,0$	$22^\circ,9$	28,8	—	—	—

7. Chemische Zusammensetzung.

Tabelle XXIX a.

Analyse (J. JAKOB). Piemontit von Oberwallis.

	Gew.-%	Mol.-%
SiO_2	37,40	45,77
TiO_2	1,00	0,92
Al_2O_3	20,08	14,50
Fe_2O_3	11,92	5,50
FeO	0,00	—
Mn_2O_3	6,77	3,18
MnO	1,75	1,82
CaO	20,88	27,49
$\text{H}_2\text{O} (+110^\circ)$	0,20	0,82
$\text{H}_2\text{O} (-110^\circ)$	0,00	—
	100,00	100,00

C. *Piemontit* von Mt. Ôtakisan, Shikoku, Japan.

Durch die Mineralfirma Comptoir Minéralogique et Géologique, Genève, Schweiz, erhielt ich ein Handstück des Piemontitschiefers von Mount Ôtakisan, Provinz Awa, Shikoku, Japan. Über das Vorkommen und Auftreten des Piemontits in dieser Schiefer wird auf B. KOTÔ (23) verwiesen. Hier werden nur die erhaltenen optischen Ergebnisse angeführt.

2. Lichtbrechung:

Ein Schriff // der Verschieferungsrichtung wurde hergestellt und in demselben wurde zwei Schnitte mit senkrechtem Austritt der Symmetriaxen γ und α aufgesucht. Diese wurden herausgeschnitten, und die Lichtbrechung nach der Einbettungsmethode gemessen:

n_α (Eigenfarbe gelb) = 1,740, n_β (Eigenfarbe rotviolett) = 1,752 und n_γ (Eigenfarbe rot) = 1,779.

4. Der Axenwinkel und die Lage der optischen Axen:

Mit dem Universaldrehtisch wurde für rotes Licht die A -Axe 72° , die B -Axe 15° von der Spur der c -Fläche bestimmt. Hieraus wird $\angle c:A = 43^\circ_{,4}$, $\angle c:B = -49^\circ_{,6}$ und der Axenwinkel zu $93^\circ_{,0}$ berechnet.

5. Auslöschungswinkel = $-3^\circ_{,1}$ (berechnet).

6. Die Absorption:

Tabelle XXX.

Absorption. Piemontit von Mt. Ôtakisan.

λ	Schriff I								
	$a_2=11^\circ_{,8}$ $a_4=0^\circ$						$a_2=7^\circ_{,1}$ $a_4=0^\circ$		
	$\perp \gamma$ -Austritt eingestellt						$\perp \alpha$ -Austritt eingestellt		
	α			β			γ		
	φ_0	v	A_0	φ_0	v	A_0	φ_0	v	A_0
C	$11^\circ_{,2}$	$34^\circ_{,8}$	10,3	$11^\circ_{,1}$	$25^\circ_{,1}$	21,0	$6^\circ_{,6}$	$31^\circ_{,8}$	13,7
D	$11^\circ_{,2}$	$34^\circ_{,7}$	10,4	$11^\circ_{,1}$	$20^\circ_{,0}$	28,9	$6^\circ_{,6}$	$16^\circ_{,5}$	35,2
F	$11^\circ_{,2}$	$20^\circ_{,3}$	28,4	$11^\circ_{,1}$	$25^\circ_{,7}$	20,8	—	—	—

4. **Übrige Vorkommnisse von Piemontit.**

Ausser diesen jetzt beschriebenen Manganepidoten und Piemontiten sind in der Literatur noch einige erwähnt: von South Mountain (24), Pine Mountain (25, 26) und Jack's Mountain, Pennsylvanien (27); Ile de Groix, Bretagne (28); verschiedene Vorkommen in Indien (29); Annapolis, Missouri (30); Sulphur Spring Valley, Arizona (31); San Diego Co., Californien (32); Djebel Dokhan, Ägypten (33); Oberhalbstein, Graubünden (34); Morzatal, Greci (34 a). In den angegebenen Beschreibungen

werden indessen nur das Auftreten und Vorkommen neben einigen Wahrnehmungen über den Pleochroismus behandelt und sie haben für unseren Zweck kaum eine Bedeutung. Eine Ausnahme hiervon bildet aber der Piemontit von Pine Mountain, der Gegenstand sowohl einer chemischen Analyse (W. F. HILLEBRAND), als auch von Bestimmungen der Brechungsindizes (25) war.

5. Die Eisenepidote.

Bevor wir eine Zusammenstellung der oben erhaltenen Resultate geben können, müssen wir eine Prüfung der Klinozoisit-Pistazit-Reihe unternehmen, da ja in alle behandelte manganhaltige Epidote dreiwertiges Eisen eingeht, und wenn wir überhaupt die Einwirkung der eingehenden Manganverbindungen fassen wollen, muss die Einwirkung des dreiwertigen Eisens herausgesondert werden. Wir ergreifen aber zuerst die Gelegenheit, zwei neue Epidotbestimmungen anzuführen.

A. Epidot von Nordmarken.

Dieser Epidot kommt als Drusenbildung auf grünem Skarn vor. Er dürfte dem zweiten Typus nach FLINK (35, 36) entsprechen. Die Kristalle waren bis zum 2 cm. nach der Ortoaxe ausgezogen und zeigten, wenigstens an kleineren Kristallindividuen, eine schöne Ausbildung mit guten sowohl Prismen- wie Endflächen. Zwillinge, zum Teil polysynthetisch entwickelt nach (100), traten jeweilen auf. An dünneren Kriställchen durchscheinend mit grüngelben bis grünen Absorptionsfarben. Die Kristalle hatten keinen zonaren Aufbau, waren jeweilen aber von schmalen Äderchen einer Umwandlungssubstanz durchzogen.

1. Spez. Gew. $d_{20,0} = 3,433$.
2. Lichtbrechung:

Tabelle XXXI.

Lichtbrechungsexponenten. Epidot von Nordmarken.

λ	Prisma I $\angle c : \Delta$ geschl. Fläche = $86^{\circ}53'$ $\varphi_1 = 28^{\circ}12',1$				Prisma II $\angle c : \perp$ geschl. Fläche = $-2^{\circ}42'$ $\varphi_1 = 29^{\circ}29',5$			
	γ		β		α		β	
	δ	n_1	δ	n_2	δ	n_3	δ	n_2
C	$28^{\circ}8',0$	1,7612	$27^{\circ}28',0$	1,7474	$28^{\circ}46',5$	1,7277	$29^{\circ}51',5$	1,7475
D	$28^{\circ}28',5$	1,7682	$27^{\circ}52',0$	1,7556	$29^{\circ}4',5$	1,7333	$30^{\circ}16',5$	1,7547
558 m μ	$28^{\circ}41',5$	1,7725	$28^{\circ}1',5$	1,7589	$29^{\circ}14',5$	1,7363	$30^{\circ}29',5$	1,7588
528 m μ	$28^{\circ}57',0$	1,7777	$28^{\circ}15',5$	1,7638	$29^{\circ}24',0$	1,7392	$30^{\circ}45',0$	1,7634
511 m μ	$29^{\circ}9',5$	1,7818	$28^{\circ}25',0$	1,7670	$29^{\circ}29',5$	1,7408	$30^{\circ}55',5$	1,7665
F	$29^{\circ}23',5$	1,7865	$28^{\circ}39',0$	1,7716	$29^{\circ}43',5$	1,7451	$31^{\circ}11',0$	1,7710

3. Doppelbrechung:

Tabelle XXXII.

Doppelbrechung. Epidot von Nordmarken.

λ	$\gamma - \alpha$ Aus d. Lichtbrechung berechnet	$\gamma - \alpha$ Mit BEREKS Kompensator gem. Tageslicht
<i>C</i>	0,0337	—
<i>D</i>	0,0349	0,036
558 m μ	0,0362	—
528 m μ	0,0385	—
511 m μ	0,0410	—
<i>F</i>	0,0414	—

4. Der Axenwinkel und die Lage der optischen Axen:

Die Axenausritte wurden von der Normalen aus an zwei orientierten Platten mit einem Axenwinkelapparate nach WÜLFING gemessen.

Tabelle XXXIII.

Axenwinkel, Lage der Axenausritte. Epidot von Nordmarken.

λ	Platte I $\angle c : \perp$ der Platte = $33^\circ 46'$		Platte II $\angle c : \perp$ der Platte = $-42^\circ 42'$		$2 V_a$ gem.	$2 V_a$, Aus der Licht- brechung ber.
	$\angle \perp$ d. Platte : <i>A</i>	$\angle c : A$	$\angle \perp$ d. Platte : <i>B</i>	$\angle c : B$		
<i>C</i>	$0^\circ 30'$	$34^\circ 16'$	$2^\circ 23'$	$-40^\circ 19'$	$74^\circ 35'$	$75^\circ 6'$
<i>D</i>	$0^\circ 37'$	$34^\circ 23'$	$2^\circ 47'$	$-39^\circ 53'$	$74^\circ 18'$	$74^\circ 23'$
558 m μ	$0^\circ 45'$	$34^\circ 31'$	$2^\circ 58'$	$-39^\circ 44'$	$74^\circ 15'$	$74^\circ 46'$
528 m μ	$0^\circ 57'$	$34^\circ 43'$	$3^\circ 12'$	$-39^\circ 30'$	$74^\circ 13'$	$73^\circ 42'$
511 m μ	$0^\circ 60'$	$34^\circ 46'$	$3^\circ 29'$	$-39^\circ 13'$	$74^\circ 9'$	$74^\circ 20'$
<i>F</i>	$1^\circ 11'$	$34^\circ 57'$	$3^\circ 35'$	$-39^\circ 7'$	$74^\circ 4'$	$73^\circ 34'$

5. Der Auslöschungswinkel:

Tabelle XXXIV.

Auslöschungswinkel. Epidot von Nordmarken.

λ	$\angle c : a$ ber.	$\angle c : a$ best.
<i>C</i>	$-3^\circ 1'$	$-3^\circ,1$
<i>D</i>	$-2^\circ 46'$	$-2^\circ,8$
<i>F</i>	$-2^\circ 5'$	$-1^\circ,9$

6. Die Absorption:

Tabelle XXXV.

Absorption. Epidot von Nordmarken.

λ	Platte I				Platte II	
	$\alpha_2=0^\circ$ $\alpha_4=0^\circ$ \perp (010) D_0 (mit Sphärometer gem.) = 0,7609 mm.				$\alpha_2=0^\circ$ In der Zone [010] $\alpha_4=0^\circ$ $D_0=0,6631$ mm.	
	α		γ		β	
	ν	A_0	ν	A_0	ν	A_0
C	$27^\circ,0$	1,90	$17^\circ,2$	3,30	$14^\circ,5$	4,05
D	$30^\circ,8$	1,45	$19^\circ,0$	3,00	$15^\circ,9$	3,78
F	$28^\circ,3$	1,74	$10^\circ,6$	4,73	$14^\circ,6$	4,04

Da es von Interesse sein kann, die oben erhaltenen Bestimmungen mit der Absorption des Sulzbacher Epidots zu vergleichen, ist in dem Sinn von RAMSAY das Verhältnis zwischen den Intensitäten der grössten und kleinsten Hauptschwingungsrichtungen (3) zu der der mittleren bei Durchgang des Lichtes durch eine Platte von 1 mm. Dicke berechnet.

Tabelle XXXVI.

Berechnetes Verhältnis $\frac{I_\gamma}{I_\beta}$, $\frac{I_\alpha}{I_\beta}$ der Epidote von Nordmarken und Sulzbachtal. (Dicke = 1 mm.)

λ	Epidot von Sulzbachtal RAMSAY		Epidot von Nordmarken	
	$\frac{I_\gamma}{I_\beta}$	$\frac{I_\alpha}{I_\beta}$	$\frac{I_\gamma}{I_\beta}$	$\frac{I_\alpha}{I_\beta}$
B	2,67	7,87	—	—
C	—	—	2,12	8,58
D	3,93	10,78	2,18	10,5

7. Chemische Zusammensetzung:

Tabelle XXXVII.

Analyse (N. SAHLBOM). Epidot von Nordmarken.

	Gewichts-%	Mol.-%
SiO ₂	37,88	44,88
Al ₂ O ₃	22,61	15,81
Fe ₂ O ₃	14,35	6,42
FeO	0,25	0,25

	Gewichts. %	Mol. %
CaO	23,20	29,55
MgO	0,94	1,66
H ₂ O(+110)	0,36	1,43
	99,59	100,00

B. Epidot von Zillertal.

Im hiesigen Institute befanden sich einige gut ausgebildete Kriställchen, als Epidot von Zillertal etikettiert. Sie waren hell durchscheinend mit einem Stich ins Gelbgrüne. Trotzdem das Material zu einer chemischen Analyse nicht hinreichte, teile ich das Resultat der Bestimmungen mit. (Tabelle XXXVII).

1. Sp. Gew. $d_{20^{\circ},0} = 3,378$.

2. Die Lichtbrechung wurde an zwei Prismen (eine geschl. Fläche lag an das eine Prisma // an, das andere \perp der a -Fläche in der Zone [010]) bestimmt, die Lage der Axenaustritte und die Axenwinkel an einer Platte ($\angle c: \perp$ geschliffene Platte $= -6^{\circ} 24'$) mit einem Axenwinkelapparate bei Messung in Monobromnaphthalin bestimmt.

Tabelle XXXVIII.

Optische Konstanten. Epidot von Zillertal.

λ	n_a	n_β	n_γ	$2 V_a$ best.	$2 V_a$ ber.	$\angle c: A$	$\angle c: B$	$n_\gamma - n_a$ ber.	$\angle c: a$ ber.	$\angle c: a$ best.
<i>C</i>	1,7194	1,7297	1,7398	88° 27'	88° 56'	43° 11'	-45° 16'	0,0204	-1° 1'	-1° ,2
<i>D</i>	1,7228	1,7324	1,7444	86° 34'	86° 18'	41° 54'	-44° 40'	0,0216	-1° 13'	-1° ,5
558 m μ	1,7254	1,7373	1,7478	85° 34'	85° 4'	41° 14'	-44° 20'	0,0224	—	—
528 m μ	1,7280	1,7410	1,7519	84° 28'	84° 22'	40° 29'	-43° 59'	0,0239	—	—
511 m μ	1,7297	1,7434	1,7548	83° 30'	84° 10'	40° 6'	-43° 24'	0,0251	—	—
<i>F</i>	1,7236	1,7469	1,7592	82° 2'	83° 24'	39° 29'	-42° 33'	0,0264	-1° 32'	-1° ,9

Der Zusammenhang zwischen den optischen Eigenschaften und der chemischen Zusammensetzung bei den Eisenepidoten.

Mit dem bis jetzt vorliegenden Material an Epidoten, die sowohl optisch bestimmt wie chemisch analysiert worden sind, kann man nicht erwarten, ein gut regelmässiges Verhältnis zwischen den optischen Eigenschaften und der chemischen Zusammensetzung zu finden. Die Fehlerquellen liegen hauptsächlich 1) darin, dass das Material der chemischen Analysen oftmals nicht dasselbe war, wie das, welches zur optischen Bestimmung diente; 2) in dem Zonarbau der Kristalle; 3) in der Unzuverlässigkeit der älteren Analysen und einzeln auch der optischen Bestimmungen; 4) in dem unbekanntem Einfluss der Oxyde FeO, MgO, die ohne Ausnahme, wenn auch in geringer Menge, die Epidote begleiten.

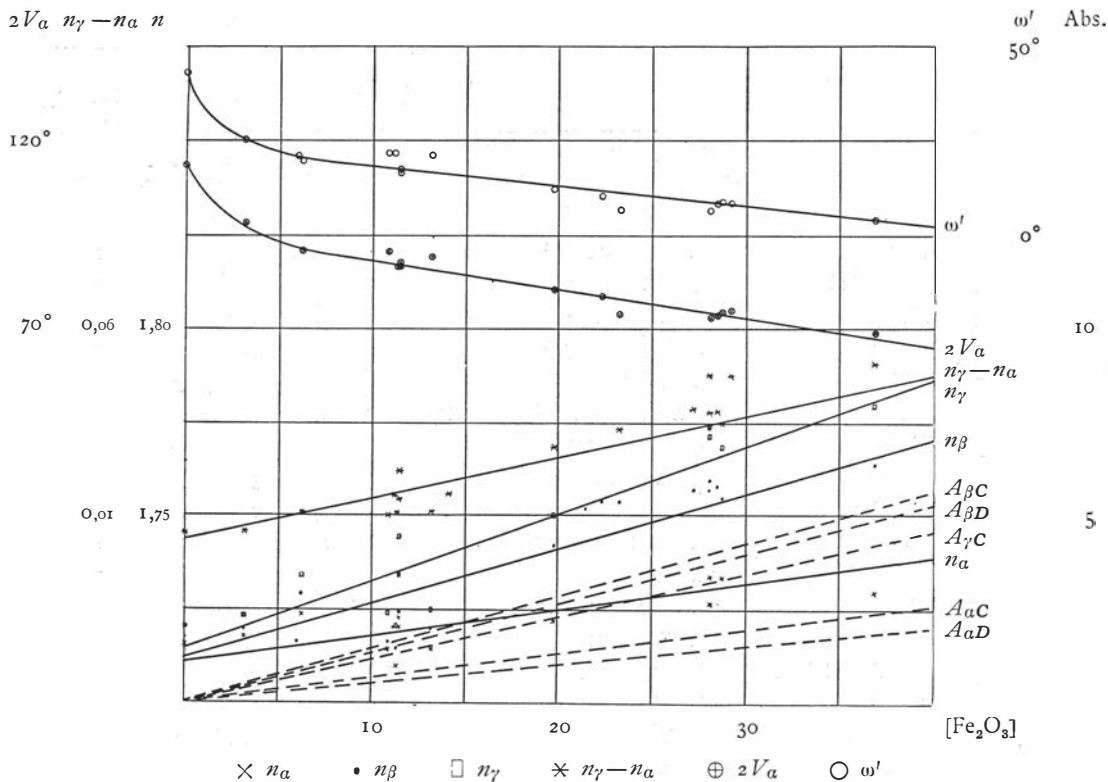


Diagramm IV.

In der Tabelle XXXIX sind unter Anwendung der Aufstellung von NIGGLI (50) alle für unseren Zweck bekannten Epidote zusammengestellt und in dem Diagramme IV sind die aus der Tabelle abgelesenen Punkte für n_a , n_β , n_γ , $n_\gamma - n_a$, $2V_a$ eingezeichnet. Wie in der NIGGLISCHEN Tabelle sind auch die von F. ZAMBONINI (38) eingeführten Bezeichnungen ω und ω' miteingenommen, wo ω = der scheinbare Normalabstand der Axe A von (001), ω' = der wahre Winkel zu derselben Fläche ist. Daneben ist eine Kolonne mit dem Mol.-% Eisenoxydlepidoth ($[\text{SiO}_4]_3 \text{Fe}_2 \text{OH} =$ das molare Verhältnis $\frac{\text{FeO}}{\text{SiO}_2} \times 100$; mit $[\text{FeO}]$ bezeichnet) und eine mit dem spez. Gewicht zugefügt. In der ursprünglichen Aufstellung von GOLDSCHLAG (1) (welcher NIGGLI gefolgt ist) hat dieser Verfasser den Eisenepidotgehalt teils gewichtsprozentisch, teils molekularprozentisch berechnet, ein Verfahren, das ja kaum nachahmenswert sein kann. Die gegenseitige Ordnung einiger Glieder in der vorstehenden Tabelle ist folglich

Zusammenstellung

N:r	Fundort	Autor	[Fe ₂ O ₃]	[FeO]	Sp. Gew.	n _a
1	Zillertal	M. GOLDSCHLAG ¹	0	—	—	1,7156
2	Goslerwand	E. WEINSCHENK ³⁷	3,2	0,90	3,3720	1,7176
3	Chiampernotto	F. ZAMBONINI ³⁸	6,2	1,75	—	—
4	Ochner	E. WEINSCHENK ³⁷	6,6	1,11	3,3985	1,7238
5	Huntington	E. H. FORBES ³⁹	10,9	2,40	3,367	1,714
6	Posenpine	E. L. BRUCE u. C. W. GREENLAND ⁴⁰	11,2	2,90	3,23	—
7	Maigeltal	V. GRUBENMANN ⁴¹	11,2	0,59	—	—
8	Ariège	A. LACROIX ⁴²	11,3	3,48	3,344	1,7095
9	Zillertal	E. H. FORBES ⁴³	11,5	1,66	—	1,720
10	»	D. MALMQVIST	»	»	3,378	1,7228
11	Invernesshire	H. H. THOMAS ⁴⁴	13,2	1,12	3,37	1,714
12	Maigeltal	V. GRUBENMANN ⁴¹	14,1	—	—	1,7217
13	Pfarrerb	M. GOLDSCHLAG ^{1*}	19,8	2,40	3,440	—
14	Mont des Calanches	F. ZAMBONINI ⁴⁵	21,4	—	—	—
15	Quenast	F. STÖBER ⁴⁶	22,3	1,82	3,421	—
16	Notodden	O. ANDERSEN ⁴⁷	23,2	0,33	3,386	—
17	Rocca Rossa	F. ZAMBONINI ⁴⁵	27,2	—	—	—
18	Schwarze Wand	E. WEINSCHENK ³⁷	28,1	0,60	—	1,7336
19	Sulzbachtal	M. GOLDSCHLAG ^{1**}	28,1	2,27	3,485	1,7262
20	»	C. KLEIN ⁴⁸	28,5	—	3,5	—
21	Nordmarken	D. MALMQVIST	28,8	1,41	3,433	1,7333
22	Kvamskammen	C. W. CARSTENS ⁴⁹	29,2	1,24	—	—
23	Rauhbeerstein	H. GOLDSLAG ¹	36,9	—	—	1,7292

* M. GOLDSCHLAG: loc. cit. pag. 34. Der Eisenepidotgehalt ist als Mittel der drei Ana-

** M. GOLDSCHLAG: loc. cit. pag. 40. » » » » der fünf Ana-

durch die konsequente Umrechnung in Mol.-% (= das mol. Verhältnis $\frac{\text{Fe}_2\text{O}_3}{\sum \text{R}_2\text{O}_3} \times 100$ mit [Fe₂O₃] bezeichnet) etwas verschieden geworden.

Über die in der Tabelle angegebenen Epidote können folgende Bemerkungen gemacht werden: Epidot N:r 1 von Zillertal ist von GOLDSCHLAG ohne jede chemische Analyse als reiner Aluminiumepidot gesetzt worden. Durch einen Rechenfehler in der Arbeit von GOLDSCHLAG sind die Werte n_a und n_r falsch angegeben, welche hier aber korrigiert worden sind. Die Analyse des Epidots N:r 9 (10) von LASPEYRES ist schon von W. EITEL (51) als unzuverlässig kritisiert worden. Als deutlich zonarggebaut

XXXIX.

der Eisenepidote.

n_β	n_γ	$n_\gamma - n_a$	$2V_a$	$\angle c : a$	$\angle c : A$	$\angle c : B$	ω	ω'
I,7172	I,7208	0,0052	113° 47'	+ 12° 17'	69° 11'	-44° 36'	—	43° 47'
I,7195	I,7232	0,0056	98° 20'	+ 2°	51° 10'	-47° 10'	48° 8'	25° 40'
I,7153	—	—	—	—	—	—	38° 15'	21° 8'
I,7291	I,7343	0,0105	90° 44'	0°	—	-45° 22'	36° 11'	19° 58'
I,716	I,724	0,010	90° 32'	- 2° 9'	47° 25'	-43° 7'	39° 50'	21° 55'
I,72	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0,015	—	- 1° 8'	49° 3'	-45° 7'	—	22° 1'
I,7146	I,7201	0,097—0,0111	86° 29'	—	—	—	—	—
I,7244	I,7344	0,0144	87° 46'	0°	43° 53'	-43° 53'	31° 59'	17° 53'
I,7342	I,7444	0,0216	86° 34'	- 1° 23'	44° 40'	-41° 54'	29° 30'	16° 30'
I,7196	I,725	0,0110	89° 35'	- 1°	45° 47'	-43° 43'	38° 49'	21° 23'
—	—	0,0153	—	- 2°	—	—	—	—
I,7422	I,7500	0,0286	80° 15'	- 2° 5'	37° 42'	-41° 52'	21° 47'	12° 18'
I,7513	—	—	—	—	—	—	—	—
I,7435	—	—	78° 8'	- 3°	36° 4'	-41° 4'	18° 50'	10° 40'
I,7532	—	0,033	73° 39'	- 4° 29'	32° 20'	-41° 18'	12° 13'	6° 56'
I,7568	—	0,0386	—	—	—	—	—	—
I,7593	I,7710	0,0374	—	—	—	—	—	—
I,7569	I,7737	0,0475	73° 6'	- 4° 28'	32° 5'	-41° 1'	11° 48'	6° 41'
I,7575	—	0,0375	73° 26'	- 2° 40'	34° 3'	-39° 23'	15° 15'	8° 37'
I,7547	I,7682	0,0349	74° 18'	- 2° 46'	34° 23'	-39° 55'	15° 53'	8° 59'
—	—	0,045	75°	- 3° 5'	34° 0'	-41° 0'	—	8° 6'
I,7634	I,7796	0,0505	68° 53'	- 4° 53'	29° 33'	-39° 20'	7° 20'	4° 9'

lysen von Fr. K. LUDWIG und K. PFEIL genommen

lysen von E. LUDWIG genommen.

sind die Epidote Nr 3, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 16, 20 und 23 beschrieben worden.

Das Ergebnis der statistischen Untersuchung des Epidotanalysenmaterials von EITEL (51), nach welchem der Gehalt an Eisenoxydul mit dem Eisenoxyd erhöht werden sollte, scheint nicht für diese ausgewählten Epidote Gültigkeit zu haben. Die Beimischung von Eisenoxydlepidot verteilt sich vielmehr relativ gleichmässig über sämtliche Glieder der Reihe, möglicherweise mit einem erhöhten Eisenoxydulgehalt bei den eisenarmen Gliedern. Den Einfluss des beigemischten Eisenoxydlepидots geht es überhaupt nicht zu spüren. Erwähnenswert ist aber, dass die Epidote von Huntington und Ariège, die extrem kleine Werte der Brechungsindizes

aufweisen, die höchste Beimischung an Eisenoxydlepidot führen. Diese Tatsache sowie der Umstand, dass diese beiden Epidote so kleine spez. Gewichte haben, ist schwer erklärlich und streitet gegen unsere Vorstellungen über die Änderung der physikalischen Eigenschaften bei Ersatz von CaO durch FeO in den bekannten isomorphen Gruppen der Silikatmineralien.

In dem Diagramm IV wird das Verhältnis zwischen der Licht- resp. der Doppelbrechung und der molaren chemischen Zusammensetzung als eine geradlinige Funktion aufgefasst. Mit welchem Recht soll später erörtert werden. Bei dem Ausziehen der Linien ist besonders darauf Rücksicht genommen, dass die Differenzen $n_\gamma - n_\beta = n_\beta - n_\alpha$ für etwa 6 Mol.-% Eisenepidot (also in dem Bereich wo $2V_\alpha = 90^\circ$) gelten, und dass der berechnete Axenwinkel für 35 Mol.-% = 70° wird. Die ausgezogenen Linien können durch folgenden Funktionen ausgedrückt werden:

$$n_\alpha = 1,7108 + 0,00070 [\text{Fe}_2\text{O}_3] \quad (15)$$

$$n_\beta = 1,7118 + 0,00147 [\text{Fe}_2\text{O}_3] \quad (16)$$

$$n_\gamma = 1,7143 + 0,00180 [\text{Fe}_2\text{O}_3] \quad (17)$$

$$n_\gamma - n_\alpha = 0,0035 + 0,00110 [\text{Fe}_2\text{O}_3] \quad (18)$$

Vergleiche zwischen Manganepidot, Piemontit und Eisenepidot.

I. Der Chemismus.

Es hat sich für die nachherige Behandlung als zweckmässig gezeigt, bei Berechnung der Analysen die sechs möglichen isomorphen Verbindungen so durchzuführen, dass die Oxydepidote für sich in Mol. %, gleichwie auch die Oxydlepidente in Mol. % berechnet werden. Mit den Bezeichnungen:

$$\begin{aligned} [\text{Mn}_2\text{O}_3] &= \text{Mol. \% } [\text{SiO}_4]_3 \frac{\text{Mn}_3\text{OH}}{\text{Ca}_2} = \\ &= \text{das molare Oxydverhältnis } \frac{\text{Mn}_2\text{O}_3}{\Sigma \text{R}_2\text{O}_3} \times 100. \end{aligned}$$

$[\text{Fe}_2\text{O}_3]$, oben definiert.

$$\begin{aligned} [\text{Al}_2\text{O}_3]' &= \text{Mol. \% } [\text{SiO}_4]_3 \frac{\text{Al}_3\text{OH}}{(\text{Ca, Mn})_2} = \\ &= \text{das molare Oxydverhältnis } \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\Sigma \text{R}_2\text{O}_3} \times 100. \end{aligned}$$

$$[\text{MnO}] = \text{Mol.}\% [\text{SiO}_4]_3 \frac{\text{Al}_3\text{OH}}{\text{Mn}_2} =$$

$$= \text{das molare Oxydverhältnis} \frac{\text{MnO}}{(\text{Ca, Mg, Na}_2, \text{K}_2)\text{O} + \text{MnO}} \times 100.$$

$$[\text{CaO}] = \text{Mol.}\% [\text{SiO}_4]_3 \frac{(\text{Al, Fe, Mn})_3\text{OH}}{\text{Ca}_2} =$$

$$= \text{das molare Oxydverhältnis} \frac{(\text{Ca, Mg, Na}_2, \text{K}_2)\text{O}}{(\text{Ca, Mg, Na}_2, \text{K}_2)\text{O} + \text{MnO}} \times 100.$$

$$[\text{Al}_2\text{O}_3] = [\text{Al}_2\text{O}_3]' - [\text{MnO}] = \text{Mol.}\% [\text{SiO}_4]_3 \frac{\text{Al}_3\text{OH}}{\text{Ca}_2}$$

sind in der Tabelle XL die Ergebnisse einer solchen Berechnungsmethode für sämtliche oben beschriebene Analysen von Manganepidot und Piemontit neben den zwei Analysen von Piemontit von M. Ôtakisan, Japan (52) und Pine Mountain, Pennsylvanien zusammengestellt.

Tabelle XL.

Berechnete Analysen von Manganepidot und Piemontit.

Nr.	Mineral	Fundort	[Al ₂ O ₃]	[Fe ₂ O ₃]	[Mn ₂ O ₃]	[CaO]	[MnO]
1	Manganepidot	Jakobsberg	66,33	26,92	—	93,25	6,75
2	Piemontit	Långban	40,37	13,38	46,25	100,00	—
3	»	Tunaberg	65,42	10,70	23,88	100,00	—
4	»	St. Marcel	53,10	17,14	25,26	93,50	6,50
5	»	Oberwallis	56,35	23,73	13,72	93,80	6,20
6	»	M. Ôtakisan	68,94	18,30	12,76	100,00	—
7	»	Pine Mountain ¹	62,52	9,81	19,34	91,67	8,33

Aus der Tabelle geht hervor, dass die Mischbarkeit des Piemontitmoleküls weit grösser ist als die des entsprechenden Eisenepidots. Während der Långbaner Piemontit eine Beimischung von 46 % [Mn₂O₃] aufweist und die Summe [Mn₂O₃] + [Fe₂O₃] bis beinahe 60 % steigen kann, hat man nimmer einen Eisenepidot mit über 38 % [Fe₂O₃] gefunden. Inwiefern die Zunahme an Eisen- und Manganoxyd die Mischbarkeit von Oxydul in gleicher Weise wie bei den Eisenepidoten erhöhen sollte, kann man nicht aus der Tabelle ablesen. Eher scheint ja das Verhältnis umgekehrt zu sein, indem der Långbaner Piemontit mit der höchsten Beimischung von [Fe₂O₃] + [Mn₂O₃] gar kein Oxydul enthält, während der Piemontit

¹ Die seltenen Erden sind zusammen mit Mn₂O₃ gerechnet.

von Pine Mountain, der aus einer relativ kleinen Menge $[\text{Fe}_2\text{O}_3] + [\text{Mn}_2\text{O}_3]$ besteht, in der Tat den höchsten Prozentsatz an beigemischem Oxydulsilikat führt. In sämtlichen Analysen kommt keine Spur von Eisenoxydul vor, welches wohl darauf zurückgeführt werden kann, dass bei der Entstehung der Minerale die Eisenverbindungen zuerst, dann die Manganverbindungen aufoxydiert wurden. Die Piemontitanalysen von Tunaberg und M. Ôtakisan sind nicht ganz zuverlässig, da alles Mangan hier als Oxyd ohne Prüfung auf Oxydul bestimmt wurde.

2. Die morphologischen Verhältnisse.

Die Vermutung LASPEYRES', dass die morphotropische Veränderung des Epidots bei Eintritt von Mangan nicht gross sein könne, wird noch mehr durch die neueren krystallographischen Bestimmungen bestätigt. Das Material, das zu der krystallographischen Messung von LASPEYRES und DES CLOIZEAUX verwendet wurde, war nicht gut entwickelt und die beiden Forscher betrachteten selbst die Ergebnisse (Tabelle XLI) nur als

Tabelle XLI.

Axenverhältnis, Winkel β . Manganepidot, Piemontit und Eisenepidot.

Mineral	Fundort	Autor	Das Axenverhältnis $a : b : c$	Der stumpfe Winkel β
Manganepidot	Jakobsberg	G. FLINK	1,5807 : 1 : 1,8057	115° 24'
Piemontit	St. Marcel	DES CLOIZEAUX	1,5484 : 1 : 1,7708	115° 20'
»	»	H. LASPEYRES	1,6100 : 1 : 1,8326	115° 21'
»	»	F. BALZAC ⁵³	1,5593 : 1 : 1,7775	115° 21'
»	Tunaberg	D. MALMQVIST	1,5820 : 1 : 1,8034	115° 23'
»	Långban	»	—	115° 23'
Eisenepidot	Sulzbachtal	v. KORSCHAROW	1,5807 : 1 : 1,8057	115° 24'

Annäherungswerte. BALZAC arbeitete mit besserem Material, es war aber nicht idealisch entwickelt. Dieser Umstand macht, dass man die Messungen an dem Tunaberger Piemontit als die bis jetzt genaueste Piemontitbestimmung ansehen muss, und man hat somit Veranlassung, die Ansicht auszusprechen, dass die Übereinstimmung zwischen den Krystallformen von Piemontit und Epidot noch grösser ist, als es in den älteren Bestimmungen zum Ausdruck kommt. Zwischen Manganepidot und Epidot hat G. FLINK volle Übereinstimmung in gleicher Richtung gefunden.

3. Das spez. Gewicht.

Aus dem Diagramm V ersieht man, wie der Einfluss des beige-mischten Piemontitmoleküls gleich dem des Eisenepidotsmoleküls zu sein scheint.

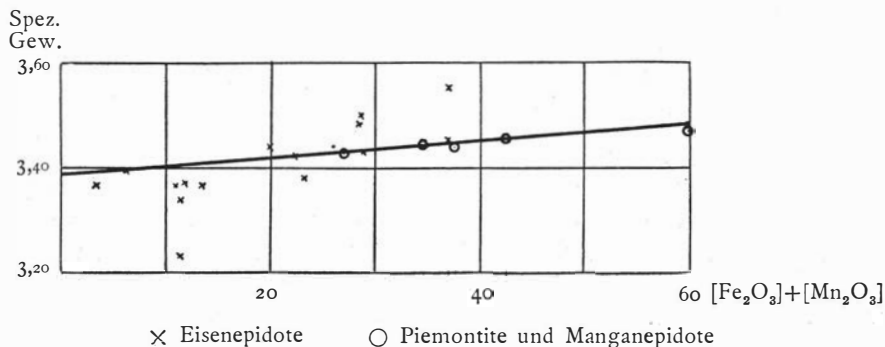


Diagramm V.

4. Die Lichtbrechung.

a. *Die Dispersion der Lichtbrechung:* Diese zeigt im allgemeinen für sowohl Manganepidot wie Piemontit höhere Beträge als für die Eisenepidote (Tabelle XLII).

Tabelle XLII.

Dispersion der Lichtbrechung. Manganepidot, Piemontit und Eisenepidot.

Mineral	Fundort	Summe [Fe ₂ O ₃] + [Mn ₂ O ₃]	<i>n_D</i> - <i>n_C</i>			<i>n_F</i> - <i>n_C</i>		
			<i>α</i>	<i>β</i>	<i>γ</i>	<i>α</i>	<i>β</i>	<i>γ</i>
Al-Epidot (GOLDSCHLAG)	Zillertal	0	—	0,0040	—	—	0,0145	—
Fe-Epidot	»	11,5	0,0034	0,0045	0,0046	0,0132	0,0172	0,0192
Fe-Epidot (GOLDSCHLAG)	Pfarrerb	19,8	0,0043	0,0050	0,0055	0,0145	0,0179	0,0206
Manganepidot	Jakobsberg	26,9 + 6,7 [MnO]	0,0072	0,0097	0,0103	0,0183	0,0190	0,0148
Fe-Epidot (GOLDSCHLAG)	Sulzbachtal	28,1	—	0,0137	—	—	0,0234	—
Fe-Epidot	Nordmarken	28,8	0,0056	0,0078	0,0070	0,0174	0,0238	0,0253
Piemontit	Tunaberg	34,5	0,0079	0,0089	0,0106	—	0,0224	—
Fe-Epidot (GOLDSCHLAG)	Rauhbeerstein	36,9	—	0,0035	—	—	0,0226	—
Piemontit	St. Marcel	42,4 + 6,5 [MnO]	0,0078	0,0101	0,0107	—	—	—
»	Långban	59,6	0,0071	0,0091	0,0108	—	—	—

Die angegebene Dispersion steigt deutlich mit dem Eisengehalt, bei dem Eintritt von Mangan kann man aber eine bedeutende Erhöhung verzeichnen. Erstaunenswert ist die beinahe gleich grosse Dispersion für Manganepidot und sämtliche drei Piemontite.

b. *Die Grösse der Lichtbrechung.* Diese gleich grosse Dispersion haben wir dazu gebraucht, um die drei nach der Einbettungsmethode bestimmten Piemontite (Oberwallis, M. Ôtakisan, Pine Mountain), bei welchen die Lichtbrechungsindizes n_γ und n_β hauptsächlich für rotes Licht gemessen wurden, nach den Werten für gelb zu reduzieren, indem wir den n_β -Wert mit 0,009 und den n_γ -Wert mit 0,010 erhöhen. Der Lichtbrechung n'_γ auf der (001)-Fläche (Oberwallis) dürfte eine Erhöhung von 0,009 zukommen. Für den Piemontit von Oberwallis haben wir also $n_\alpha = 1,746$ und $n'_\gamma = 1,802$ erhalten, woraus sich $n_\gamma = 1,819$ berechnen lässt, wenn wir annehmen, dass der Austritt der Symmetrieaxe 3° von der c -Axe im spitzen Winkel β liegt.

In seiner Arbeit über isomorphe Mischungen formulierte H. DUFET (54) die erhaltenen Ergebnissen in folgender Weise: »Die Differenzen zwischen den Brechungsexponenten zweier isomorpher Salze und denjenigen der reinen Salze selbst verhalten sich umgekehrt wie die Anzahl der in der Mischung enthaltenen Äquivalente beider Salze.« Diese DUFETsche Mischungsregel wurde in der Formel

$$N = \frac{p \cdot n + p' \cdot n'}{p + p'} \quad (19)$$

ausgedrückt, wo N = der Brechungsindex der Mischung, n u. n' die Brechungsindizes der Endglieder, von welchen die Mischung aus je p und p' Molekülen besteht. Den obenstehenden Ausdruck kann man nach der FOCKSchen (55) Umformung in der Weise

$$N = n' + p \frac{n - n'}{100} \quad (20)$$

schreiben, wenn $n > n'$ und $p + p'$ auf die Summe 100 berechnet wird.

Wir tauschen $\frac{n - n'}{100}$ mit k aus und erhalten

$$N = n' + p \cdot k \quad (21)$$

wo k = der Modul der Erhöhung von N bei Mischung von 1 Mol.-% der Komponente mit dem Brechungsexponent n genannt werden kann.

Wir denken uns jetzt eine Mischung, die aus den Molekülen p, p', p'' (p''') mit den Lichtbrechungsexponenten n, n', n'' (n''') besteht. Wenn wir die Mischung von $p + p''$ Molekülen mit der Lichtbrechung $\frac{p \cdot n + p'' \cdot n''}{p + p''}$

als das eine Glied einer neuen Mischung annehmen, zu welcher p' Moleküle einer Komponente mit der Lichtbrechung n' zugefügt wird, erhalten wir:

$$N' = \frac{(p + p'') \frac{p \cdot n + p'' \cdot n'}{p + p''} + p' \cdot n'}{(p + p'') + p'} \quad (22)$$

und wenn $p + p' + p'' = 100$ berechnet wird,

$$N_1 = n' + p \frac{n - n'}{100} + p'' \frac{n'' - n'}{100} \quad (23)$$

oder

$$N_1 = n' + p \cdot k + p'' \cdot k'' (p''' \cdot k''') \quad (24)$$

wo N_1 = die Lichtbrechung der Mischung aus drei Komponenten,
 k'' = der oben def. Modul für die Komponente mit der Lichtbrechung n'' ,

und wenn von noch einer Komponente mit der Lichtbrechung n''' p''' Moleküle hinzugefügt werden,

$$N_2 = n' + p \cdot k + p'' \cdot k'' + p''' \cdot k''', \quad (25)$$

wo k''' = der Modul für die Komponente mit der Lichtbrechung n''' und $p + p' + p'' + p''' = 100$.

Die DUFETSche Mischungsregel hat nicht allgemeine Gültigkeit. G. WULFF (56) zeigte später, dass die Proportionalität zwischen den Äquivalenten der sich mischenden Salze und den Lichtbrechungen nicht immer existiert, sondern dass die Brechungsindizes der Mischkrystalle den relativen Volumina der sich mischenden Krystalle proportional sind, ein Verhältnis, das DUFET übersah, deswegen weil er eine Mischung zweier Komponenten mit relativ gleich grossen spez. Gewichte experimentell untersuchte. WULFF fand experimentell diese Regel bei Untersuchung einer Mischungsreihe von zwei Komponenten mit einem Unterschied der spez. Gewichte von etwa 45 %. Bei Verkleinerung dieses Unterschieds kommt aber die letztere Regel der vorherigen nahe zu stehen.

Wenn wir die obenstehenden Überlegungen auf die behandelte Mineralgruppe anwenden wollen, finden wir, dass der Unterschied der spez. Gewichte der in Rede stehenden Komponenten nur 6—8 % beträgt, und wir haben Recht die DUFETSche Regel zu gebrauchen. Wir setzen n' = den Brechungsindizes des reinen Aluminiumepidots, p , p'' , $p''' = [\text{Fe}_2\text{O}_3]$, $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$ bzw. $[\text{MnO}]$ und k , k'' , $k''' =$ den entsprechenden Modulen. n' und k sind aus dem Epidotdiagramme (Formel 15, 16, 17, 18) hergeleitet. Wir nehmen nun die sicheren Analysen 1, 2, 4, 5 der Tabelle XL und erhalten

zum Beispiel für $n\alpha$ unter Anwendung der Formel (24) und (25) folgende vier Gleichungen:

$$1,7375 = 1,7108 + 0,00070 \cdot 26,9 + k'' \cdot 6,7 \quad (\text{I})$$

$$1,7556 = 1,7108 + 0,00070 \cdot 13,4 + k'' \cdot 46,2 \quad (\text{II})$$

$$1,7495 = 1,7108 + 0,00070 \cdot 17,1 + k'' \cdot 25,3 + k''' \cdot 6,5 \quad (\text{III})$$

$$1,746 = 1,7108 + 0,00070 \cdot 23,7 + k'' \cdot 13,7 + k''' \cdot 6,2 \quad (\text{IV})$$

Bei der Modulbestimmung wurde k'' und k''' aus je zwei Gleichungen gelöst und wurde das Mittel der Werte aus den sechs möglichen Gleichungskombinationen in untenstehender Weise genommen:

Gleichungskombination	k''	k'''
(I, II)	0,00077	0,00118
(I, III)	0,00071	0,00118
(I, IV)	0,00082	0,00118
(II, III)	0,00077	0,00110
(II, IV)	0,00077	0,00130
(III, IV)	0,00066	0,00154
Mittel:	0,00075	0,00125

In der Tabelle XLIII sind die in dieser Weise bestimmten Module, die aus den Modulen berechneten und die gefundenen Lichtbrechungen von Manganepidot und Piemontit zusammengestellt.

Tabelle XLIII.

Module, berechnete und gefundene Lichtbrechungen von Manganepidot, Piemontit und Eisenepidot.

$n\alpha$		$n\beta$		$n\gamma$		$n\gamma - n\alpha$		Fundort	
k	0,00070	0,00147		0,00180		0,00110			
k''	0,00075	0,00131		0,00227		0,00152			
k'''	0,00125	0,00236		0,00412		0,00287			
	ber.	gef.	ber.	gef.	ber.	gef.	ber.	gef.	
	1,7380	1,7375	1,7666	1,7606	1,7903	1,7820	0,0523	0,0445	Jakobsberg
	1,7548	1,7556	1,7916	1,7886	1,8435	1,8286	0,0884	0,0730	Långban
	1,7361	1,7455	1,7587	1,7636	1,7876	1,8059	0,0515	0,0604	Tunaberg
	1,7499	1,7495	1,7821	1,7852	1,8293	1,8318	0,0794	0,0823	St. Marcel
	1,7454	1,746	1,7787	1,784	1,8136	1,819	0,0682	0,073	Oberwallis
	1,7332	1,740	1,7555	1,761	1,7762	1,789	0,0430	0,049	Mt. Ôtakisan
	1,7426	1,758	1,7709	1,780	1,8104	1,829	0,0678	0,071	Pine Mountain

Grössere Abweichungen der berechneten von den gefundenen Werten ist bei $n\gamma$ von Jakobsberg und Långban zu ersehen. In dem letzteren

Fall dürfte sie von dem grossen Alkaligehalt abhängig sein. Der gefundene n_α -Wert für Piemontit von Pine Mountain zeigt einen bedeutend höheren Betrag als derjenige des berechneten, welches wohl auf den Gehalt an seltenen Erden zurückzuführen ist. Durchgehend zu niedrig sind sämtliche berechnete Lichtbrechungen der Piemontite von Tunaberg und Mt. Ôtakisan. Aller Wahrscheinlichkeit nach haben wir bei diesen mit kleineren Mengen von $[\text{MnO}]$ zu tun, die zu der Erhöhung der Werte beitragen dürften. Wenn wir annehmen, dass alles Mangan als Oxydul richtig bestimmt ist, können wir folgende Gehalte an $[\text{MnO}]$ aus der Grösse der Abweichungen berechnen.

	Mol.-% $[\text{MnO}]$ ber. aus n_α	Mol.-% $[\text{MnO}]$ ber. aus n_β	Mol.-% $[\text{MnO}]$ ber. aus n_γ	Mittel	Mol.-% $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$
Tunaberg	10,7	3,0	8,8	7,5	20,6
Mt. Ôtakisan	7,7	3,2	6,1	5,6	10,0

Aus der Grösse der Module kann man weiter ersehen, wie die sämtlichen Lichtbrechungen von $[\text{MnO}]$ mehr als von sowohl $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$ wie $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$, wie die Lichtbrechungen n_α und n_β von $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$ ungefähr gleich wie von $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$ und wie die Lichtbrechung n_γ von $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$ bedeutend mehr als von $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$ beeinflusst werden. In den Diagrammen VI und VII sind die hypothetischen Verläufe der Lichtbrechungen für die beiden isomorphen Serien $[\text{MnO}] - [\text{Al}_2\text{O}_3]$, $[\text{Mn}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3]$ entworfen.

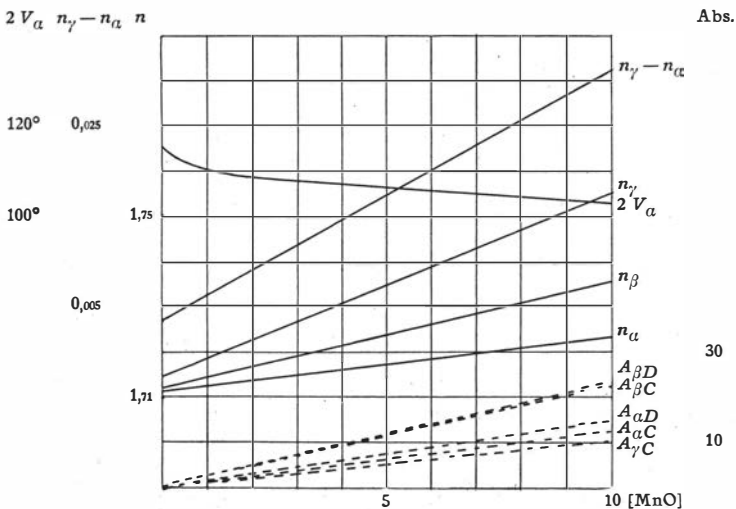


Diagramm VI.

$2V_a \ n_\gamma - n_\alpha \ n$

Abs.

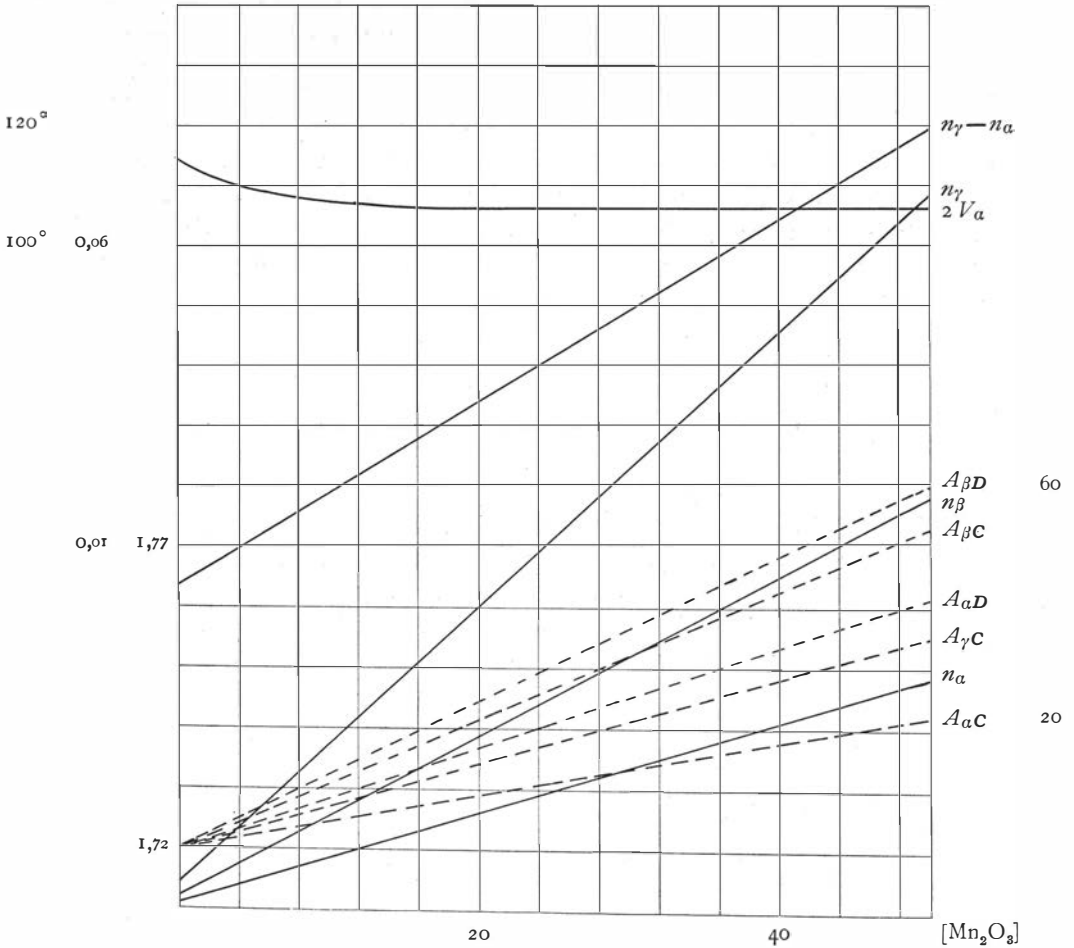


Diagramm VII.

5. Die Doppelbrechung.

a. Die Dispersion der Doppelbrechung (Tabelle XLIV) kann bei den Piemontiten in folgender Weise ausgedrückt werden:

$$(\gamma - \alpha)_v > (\gamma - \alpha)_\rho.$$

Beim Manganepidot von Jakobsberg geht scheinbar die Doppelbrechung über ein Maximum für die mittleren Wellenlängen. Das letztere Mineral scheint die Dispersionsverhältnisse des Pistazits, die Piemontite dagegen die des Klinozoisits und Epidots zu haben.

b. Die Veränderungen der Grösse der Doppelbrechung mit der chemischen Zusammensetzung zeigen die Tabelle XLII und die Diagramme VI und VII.

6. Der Axenwinkel und die Lage der optischen Axen.

a. Die Dispersion der optischen Axen wird bei dem Eintritt von sowohl $[\text{MnO}]$ wie $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$ nicht in derselben Weise wie von $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$ beeinflusst. In allgemein kann man sagen, 1) dass die beiden ersteren Komponenten die Dispersion der A -Axe erhöhen, 2) dass $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$ die Dispersion der A -Axe vermindert, 3) dass $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$ die Dispersion der B -Axe vermindert, 4) dass $[\text{MnO}]$ und $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$ die Dispersion der B -Axe erhöhen. (Siehe Tabelle XLV.)

Die Dispersion der A -Axe ist für Manganepidot, sämtliche Piemontite und Klinozoisit positiv ($\rho > v$, im Verhältnis der $+c$ -Axe mit der Bezeichnung nach GOLDSCHLAG), für die Eisenepidote negativ ($\rho < v$), die Dispersion der B -Axe ist für Manganepidot, Piemontit von Långban und sämtliche Eisenepidote negativ ($\rho > v$), für die Piemontite von St. Marcel und Tunaberg positiv ($\rho < v$).

Die Dispersion der Axenwinkel wird von sowohl $[\text{MnO}]$ wie $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$ erhöht, von $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$ vermindert. Die Dispersion ist für Manganepidot, die Piemontite und Eisenepidote mit Ausnahme des Pistazits positiv $\rho > v$ ($2V_a$).

Tabelle XLIV.

Die Dispersion der Doppelbrechung. Manganepidot,
Piemontit und Eisenepidot.

Mineral	Fundort	λ	$n_\gamma - n_\alpha$
Manganepidot	Jakobsberg	C	0,0414
		D	0,0445
		F	(0,0379)
Piemontit	Långban	C	0,0693
		D	0,0730
		F	—
»	Tunaberg	C	0,0577
		D	0,0604
		F	0,0615
»	St. Marcel	C	0,0794
		D	0,0823
		F	—
Eisenepidot	Nordmarken	C	0,0335
		D	0,0349
		F	0,0414
»	Zillertal	C	0,0204
		D	0,0250
		F	0,0264

Tabelle XLV.

Die Dispersion des Axenwinkels und der optischen Axen. Manganepidot, Piemontit und Eisenepidot.

Mineral	Fundort	λ	$\angle c:A$	Dispersion der A -Axe (blau-rot)	$\angle c:B$	Dispersion der B -Axe (blau-rot)	$2V_a$	Dispersion des Axenwinkels (blau-rot)
Manganepidot	Jakobsberg	C	$41^\circ 11'$		$-47^\circ 13'$		$88^\circ 24'$	
		D	$40^\circ 28'$	$+4^\circ 9'$	$-46^\circ 48'$	$-1^\circ 19'$	$87^\circ 16'$	$+5^\circ 28'$
		F	$37^\circ 2'$		$-45^\circ 54'$		$82^\circ 56'$	
Piemontit	Långban	C	$44^\circ 24'$		$-51^\circ 40'$		$96^\circ 4'$	
		D	$42^\circ 28'$	$+8^\circ 21'$	$-51^\circ 36'$	$-6^\circ 10'$	$94^\circ 4'$	$+14^\circ 31'$
		F	$36^\circ 3'$		$-45^\circ 30'$		$81^\circ 33'$	
»	Tunaberg	C	$52^\circ 16'$		$-60^\circ 12'$		$112^\circ 4'$	
		D	$50^\circ 7'$	$+7^\circ 2'$	$-61^\circ 42'$	$+3^\circ 1'$	$111^\circ 49'$	$+3^\circ 27'$
		F	$45^\circ 14'$		$-63^\circ 13'$		$108^\circ 37'$	
»	St. Marcel	C	$43^\circ 39'$		$-57^\circ 43'$		$101^\circ 22'$	
		D	$42^\circ 53'$	$+6^\circ 27'$	$-56^\circ 32'$	$+2^\circ 4'$	$99^\circ 25'$	$+4^\circ 24'$
		F	$37^\circ 11'$		$-59^\circ 47'$		$96^\circ 58'$	
Klinozoisit (GOLDSCHLAG)	Zillertal	C	$74^\circ 55'$		$-45^\circ 23'$		$120^\circ 18'$	
		D	$69^\circ 11'$	$+9^\circ 47'$	$-44^\circ 36'$	$-2^\circ 20'$	$113^\circ 47'$	$+12^\circ 7'$
		$511 \text{ m}\mu$	$65^\circ 8'$		$-43^\circ 3'$		$108^\circ 11'$	
Eisenepidot	»	C	$43^\circ 11'$		$-45^\circ 16'$		$88^\circ 27'$	
		D	$41^\circ 54'$	$+3^\circ 42'$	$-44^\circ 40'$	$-2^\circ 43'$	$86^\circ 34'$	$+6^\circ 25'$
		F	$39^\circ 29'$		$-42^\circ 33'$		$82^\circ 2'$	
»	Nordmarken	C	$34^\circ 16'$		$-40^\circ 19'$		$74^\circ 35'$	
		D	$34^\circ 23'$	$-0^\circ 41'$	$-39^\circ 55'$	$-1^\circ 12'$	$74^\circ 23'$	$+0^\circ 31'$
		F	$34^\circ 57'$		$-39^\circ 7'$		$74^\circ 4'$	

b. Die Veränderung der Axenposition und des Axenwinkels mit der chemischen Zusammensetzung. Der A -Austritt nähert sich bei Zusatz von sowohl $[\text{MnO}]$, $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$ und $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$ zu dem reinen Aluminiumepidot der Richtung der $+c$ -Axe, bei gleich grossen Äquivalenten ist aber die Annäherung für die beiden ersten Komponenten kleiner. Wird aber $[\text{MnO}]$ und $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$ zu Eisenepidot zugefügt, dürften diese Gruppen den A -Austritt von der $+c$ -Axe drehen. Die Drehung der B -Axe geht bei Zusatz von $[\text{MnO}]$ und $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$ von der $+c$ -Axe, bei Zusatz von $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$ in entgegengesetzter Richtung.

Der Axenwinkel ($2V_a$) wird bei Mischung von $[\text{MnO}]$, $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$ und $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$ mit $[\text{Al}_2\text{O}_3]$ vermindert, bei gleich grossen Äquivalenten ist diese Verminderung für die zwei ersten Komponenten am kleinsten (siehe die Diagramme IV, VI und VII). Wenn $[\text{MnO}]$ und $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$ zu Eisenepidot zugefügt wird, erhöhen diese den Axenwinkel, eine Tatsache, die aus den

obenstehenden Überlegungen deutlich hervorgeht, indem ja diese beiden Komponenten auf n_{γ} am kräftigsten einwirken.

7. Die Absorption.

a. *Die Lage der Absorptionsachsen.* In der Arbeit von LASPEYRES über den Piemontit von St. Marcel wurde zum ersten Mal gezeigt, dass die Absorptionsachsen in der Axenebene eines monoklinen Krystalls nicht

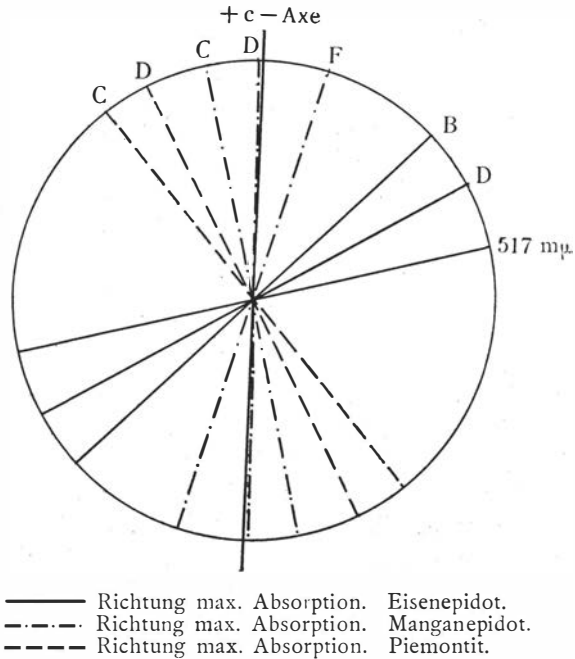


Fig. 5.

mit den Hauptschwingungsrichtungen in derselben Ebene zusammenfallen brauchen, dass aber der Winkelabstand zwischen den Richtungen maximaler und minimaler Absorption für die verschiedenen Wellenlängen 90° betrug. RAMSAY fand später, dass auch bei den Epidoten dieser Vorgang eintraf, in der Weise aber, dass für einige Wellenlängen der Winkelabstand der Absorptionsachsen nicht 90° war. Die letztere Behauptung RAMSAYS wurde doch von H. BECQUEREL (57, 58) bestritten, welcher die Absorptionsverhältnisse des Epidots und einiger anderen, monoklinen Krystalle untersuchte und immer einen Abstand zwischen den Absorptionsachsen $= 90^\circ$ fand. J. EHLERS (20) unternahm es, die Absorption bei zwei künstlich hergestellten, monoklinen Krystallen mittels einer sehr genauen Methode zu messen und kam zu dem gleichen Resultat wie BECQUEREL, indem die Absorptionsachsen bei diesen senkrecht aufeinander standen. Daneben zeigte

EHLERS die Übereinstimmung zwischen den gefundenen und den nach der DRUDE'schen Absorptionstheorie (für den Fall, dass die Absorptionsachsen senkrecht zueinander standen) berechneten Werte der Absorption. Wenn wir die Absorptionsbestimmungen des Manganepidot von Jakobsberg untersuchen, scheint hier der Winkelabstand maximaler und minimaler Absorption = 90° zu betragen. Bei beinahe allen monoklinen Krystallen standen also die Absorptionsachsen senkrecht zueinander und es kann in Frage gestellt werden, ob dieses auch nicht bei den Epidoten eintritt.

In der Figur 5 sind die Richtungen maximaler Absorption für Manganepidot, Piemontit von Långban und Eisenepidot (nach RAMSAY, unter Annahme, dass die Richtungen maximaler und minimaler Absorption zueinander senkrecht stehen und der Auslöschungswinkel = -4° ist) eingezeichnet. Wie man sieht, fallen nicht die angegebenen Richtungen für Manganepidot und Piemontit zusammen. Für Piemontit mit sowohl $[\text{MnO}]$ wie $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$ scheint das Absorptionsmaximum zwischen den beiden Lagen des Absorptionsmaximums für Piemontit und Manganepidot zu liegen. Bemerkenswert sind die beinahe zueinander senkrechten Lagen der Absorptionsachsen für Piemontit und Eisenepidot. Dieses Verhältnis gibt sich unter anderem bei der Mikroskopierung sogleich kund, indem der Austritt der optischen Axe in dem spitzen Winkel β bei den Eisenepidoten der am stärksten absorbierenden Axenausstritt, bei den Piemontit der am schwächsten ist.

b. *Die Dispersion der Absorptionsachsen.* Gemeinsam für sowohl Manganepidot, Piemontit und Eisenepidot ist die positive Dispersion der Absorptionsachsen. Die Drehungen der Axen von rotem bis gelbem Licht zeigen weiter für sie alle ungefähr gleiche Beträge. Für Manganepidot = $12^\circ,9$, Piemontit = $13^\circ,5$, Eisenepidot = 14° .

c. *Die Grösse der Absorption.* Wenn in einer durchscheinenden Flüssigkeit ein absorbierender Körper aufgelöst und dieser hierbei nicht chemisch verändert oder ionisiert wird, gilt folgender Ausdruck:

$$\frac{I}{I_0} = e^{-c \cdot p \cdot D_0} \quad (26)$$

wo $\frac{I}{I_0}$ = der Bruchteil des durch die Flüssigkeitsschicht = D_0 mm gehenden Lichts,

p = die molare Konzentration der aufgelösten Substanz,

c = eine für den aufgelösten Körper charakteristische Konstante, die als der molare Absorptionsmodul bezeichnet werden kann.

Werden noch zu der Flüssigkeit mehrere absorbierende Körper mit den Konzentrationen p'' , p''' etc. zugesetzt, erhält man:

$$\frac{I}{I_0} = e^{-(c \cdot p + c'' \cdot p'' + c''' \cdot p''') D_0} \quad (27)$$

wenn c'' , c''' etc. die molaren Absorptionsmodule der neu zugesetzten Körper sind.

Dieses BEER'sche Gesetz (59) ist leicht herzuleiten, wenn man nur annimmt, dass jedes Molekül denselben Bruchteil des einfallenden Lichts absorbiert. Ohne auf das Problem eingehen zu brauchen, inwiefern die Mischkrystalle als feste Lösungen oder nicht aufgefasst werden können, hat man Recht die Gültigkeit des BEER'schen Gesetzes auf Mischkrystalle zu prüfen, wenn folgende Frage bejahend beantwortet werden kann: »Absorbiert jedes Molekül der einen absorbierenden Komponente, die zu der anderen, durchscheinenden Komponente eines Mischkrystalls zugesetzt wird, denselben Bruchteil des einfallenden Lichts?«

Wegen des für die Absorption anisotropen Charakters der zu behandelnden Mischkrystalle kommt noch ein Umstand hinzu, der das Problem kompliziert. Wenn die Absorption nach Grösse eines absorbierenden Mischkrystalls für eine bestimmte Wellenlänge vektoriell in den verschiedenen Richtungen abgesetzt wird, bilden die Stachelpunkte dieser Vektoren eine Fläche, die Absorptionsoberfläche. Wird noch eine Menge der absorbierenden Komponente zugefügt, in welcher Weise verändert sich jetzt die Absorptionsoberfläche? Wird sie konform mit der vorherigen vergrößert in der Weise, dass in einer bestimmten Richtung die Radienvektoren der beiden in Rede gestellten Absorptionsoberflächen sich wie die Konzentrationen der beigemischten absorbierenden Komponenten verhalten, oder geht nebenbei eine Drehung der Oberfläche nach einer Axe // der Symmetrieaxe vor sich? Wenn die erstere Frage bejahend beantwortet werden könnte, formulieren wir dies in folgender Weise:

$$\begin{aligned} \text{wenn} \quad r_{\rho_1} &= f_{\rho_1}(\varphi, \psi) \\ r_{\rho_2} &= f_{\rho_2}(\varphi, \psi), \end{aligned} \quad (28)$$

dann verhält sich

$$\frac{r_{\rho_1}}{r_{\rho_2}} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \quad (29)$$

wo r_{ρ_1} , r_{ρ_2} = die Radienvektoren für dieselben Werte φ , ψ (in der Richtung, die von den Latitudinal- und Longitudinalwinkeln des Raumes φ , ψ bestimmt sind), welche bei den Konzentrationen ρ_1 , ρ_2 durch die Funktionen (28) ausgedrückt werden können.

Wird zu einem Mischkrystall mit der Konzentration ρ_1 einer absorbierenden Komponente noch eine andre mit der Konzentration ρ_3 zugefügt, welche, wenn einzeln zu der gemeinsamen, durchscheinenden Komponente zugesetzt, eine Absorptionsoberfläche bildet, die nicht mit der Oberfläche des anfänglichen Mischkrystalls konform ist; wie verhält sich dann die Absorptionsoberfläche des neu entstandenen Mischkrystalls? Kann die hierbei entstandene Absorptionsoberfläche in den verschiedenen Richtungen

von Vektoren, die als die Summe der Vektoren, die in denselben Richtungen entstehen, wenn die beiden absorbierenden Komponenten für sich in den Konzentrationen ρ_1 und ρ_3 zu der durchscheinenden Komponente zugesetzt werden, gebildet angesehen werden?

Oder, wenn

$$\begin{aligned} r_{\rho_1} &= f_{\rho_1}(\varphi, \psi) \\ r_{\rho_3} &= f'_{\rho_3}(\varphi, \psi) \\ R_{\rho_1\rho_3} &= F_{\rho_1\rho_3}(\varphi, \psi), \end{aligned} \quad (30)$$

ist dann für dieselben Werte φ, ψ

$$r_{\rho_1} + r_{\rho_3} = R_{\rho_1\rho_3} \quad (31)$$

wo r_{ρ_1} = der Radiusvektor in der Richtung (φ, ψ) bei der Konzentration ρ_1 der einen absorbierenden Komponente,

r_{ρ_3} = der Radiusvektor in derselben Richtung bei der Konzentration ρ_3 der anderen absorbierenden Komponente,

$R_{\rho_1\rho_3}$ = der Radiusvektor des Mischkrystals mit den zwei absorbierenden Komponenten in den Konzentrationen ρ_1, ρ_3 .

Für die Formel (29) spricht die Tatsache, dass bei den Epidoten (Tabelle XXXVI) das Verhältnis der Absorptionen $\frac{I_\alpha}{I_\beta}, \frac{I_a}{I_b}$ relativ gleich ist.

Für die Formel (31) spricht die Tatsache, dass das Maximum der Absorption bei den Piemontiten mit sowohl $[\text{MnO}]$ wie $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$ zwischen den Maximalagen bei dem Manganepidot und dem Piemontit mit nur $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$ liegt.

Wollen wir jetzt das BEER'sche Gesetz prüfen, so sollte eigentlich, unter der Voraussetzung, dass die Ausdrücke (29), (31) richtig sind, die Absorption in bestimmten kristallographischen Lagen bestimmt werden. Aus den vorherigen Bestimmungen haben wir aber nur die Absorption nach den Hauptschwingungsrichtungen verfügbar. Die Austritte der Symmetrieachsen repräsentieren aber beinahe eine bestimmte kristallographische Lage.

Wir sehen ein, dass die Summe $(c \cdot p + c'' \cdot p'' + c''' \cdot p''')$ der Formel (27) den bestimmten Absorptionsmodulen entspricht. Wir setzen c, c'', c''' = den Absorptionsmodulen für 1 Mol.-% von resp. $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$, $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$ und $[\text{MnO}]$, p, p'', p''' sind die entsprechenden Konzentrationen oder die Mol.-% von $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$, $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$ und $[\text{MnO}]$. Der Absorptionsmodul von $[\text{Al}_2\text{O}_3]$ wurde gleich 0 gesetzt und c wurde aus den Absorptionsbestimmungen des Epidots von Nordmarken berechnet. Die für jede Farbe und Hauptschwingungsrichtung erhaltenen vier Gleichungen aus den Analysen 1, 2, 4, 5 der Tabelle XL wurde in derselben Weise wie bei der Berechnung der Lichtbrechung behandelt. Aus der Tabelle XLVI gehen die hierbei berechneten Absorptionen und Absorptionsmodule neben den gefundenen Absorptionen hervor.

Tabelle XLVI.

Absorptionsmodule. Berechnete und gefundene Absorptionen von Manganepidot, Piemontit und Eisenepidot.

	A_α				A_β				A_γ		Fundort
	C		D		C		D		C		
	gef.	ber.	gef.	ber.	gef.	ber.	gef.	ber.	gef.	ber.	
c	0,066		0,050		0,140		0,131		0,115		
c''	0,44		0,83		1,04		1,19		0,70		
c'''	1,27		1,46		2,28		2,23		1,03		
	10,0	10,3	9,9	11,1	16,9	19,0	19,7	19,1	12,3	10,0	Jakobsberg
	16,3	21,2	26,8	39,0	37,1	49,9	45,4	55,0	31,8	33,9	Långban
	22,5	11,2	24,3	20,3	44,9	26,2	46,0	29,7	23,7	17,9	Tunaberg
	22,3	20,5	36,1	31,3	44,5	43,5	52,5	47,5	29,6	26,4	St. Marcel
	13,9	15,5	20,1	21,6	27,1	31,7	31,3	33,8	16,5	18,7	Oberwallis
	10,3	6,8	10,4	11,4	21,0	15,9	28,9	17,6	13,7	11,1	Mt. Ôtakisan

Wie bei den Lichtbrechungsberechnungen weichen, mit Ausnahme der Piemontite von Tunaberg und Mt. Ôtakisan, die berechneten und gefundenen Werte des Piemontits von Långban am meisten voneinander ab. Aus den Abweichungen der berechneten und gefundenen Werte der Piemontite von Tunaberg und Mt. Ôtakisan liess sich folgender Mol.-% von [MnO] berechnen:

	Mol.-% [MnO] ber. aus $A_\alpha C$	Mol.-% [MnO] ber. aus $A_\alpha D$	Mol.-% [MnO] ber. aus $A_\beta C$	Mol.-% [MnO] ber. aus $A_\beta D$	Mol.-% [MnO] ber. aus $A_\gamma D$	Mittel	Mol.-% [Mn ₂ O ₃]
Tunaberg	10,7	3,8	10,6	9,3	8,5	8,6	19,6
Mt. Ôtakisan	3,3	0	3,0	6,4	4,0	3,5	11,0

Die hierbei berechneten [MnO]-Gehalte weichen nicht viel von denjenigen aus der Lichtbrechung bestimmten ab (vgl. S. 267) und wir haben somit gefunden, dass das BEER'sche Gesetz auf diese Mischkrystalle gute Verwendung finden kann.

Aus der Tabelle XLVI ergibt sich, dass der Einfluss von [MnO] auf die Absorption 2—3 mal grösser als der von [Mn₂O₃], 15—20 mal grösser als von [Fe₂O₃] ist (siehe weiter Diagramme IV, VI, VII).

Das Absorptionsschema ist für Manganepidot und Piemontit

rotes Licht $\beta > \gamma > \alpha$
gelbes » $\gamma > \beta > \alpha$

für Eisenepidot

rotes Licht $\beta > \gamma > \alpha$
gelbes » $\beta > \gamma > \alpha$.

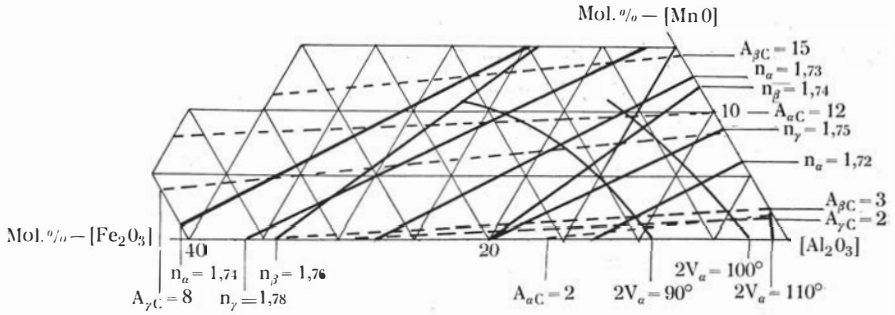


Diagramm VIII.

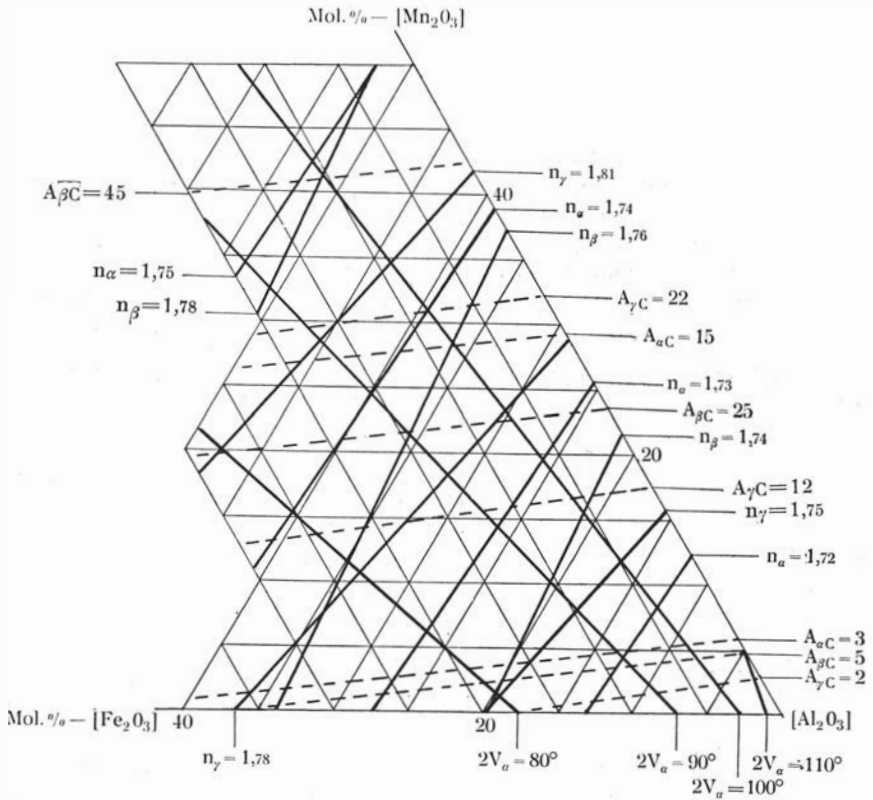


Diagramm IX.

d. *Die Absorptionsfarbe der Hauptschwingungsrichtungen des Manganepidots und Piemontits.* Trotzdem die Absorption nicht im ganzen Spektrum gemessen worden ist und folglich vollständige Absorptionskurven nicht ausgezogen werden können, so ist doch aus der Untersuchung hervorgegangen: 1) dass die Absorption der γ -Richtung ein deutliches aber sehr beschränktes Absorptionsminimum in Rot hat, 2) dass die Ab-

sorption der β -Richtung relativ gleichmässig von äusserem Rot bis Blauviolett ohne ausgezeichnete Maxima noch Minima ist, 3) dass die Absorption der α -Richtung sehr kleine Beträge von äusserem Rot bis Gelbgrün aufzeigt. Diese Verhältnisse sprechen dafür, dass für diese Minerale der BABINET'sche Satz in der KÖNIGSBERGER'schen Formulierung: »Für die selektive Eigenabsorption eines Krystals gilt die Regel, dass die stärker gebrochene Welle auch stärker absorbiert wird«, Gültigkeit hat.

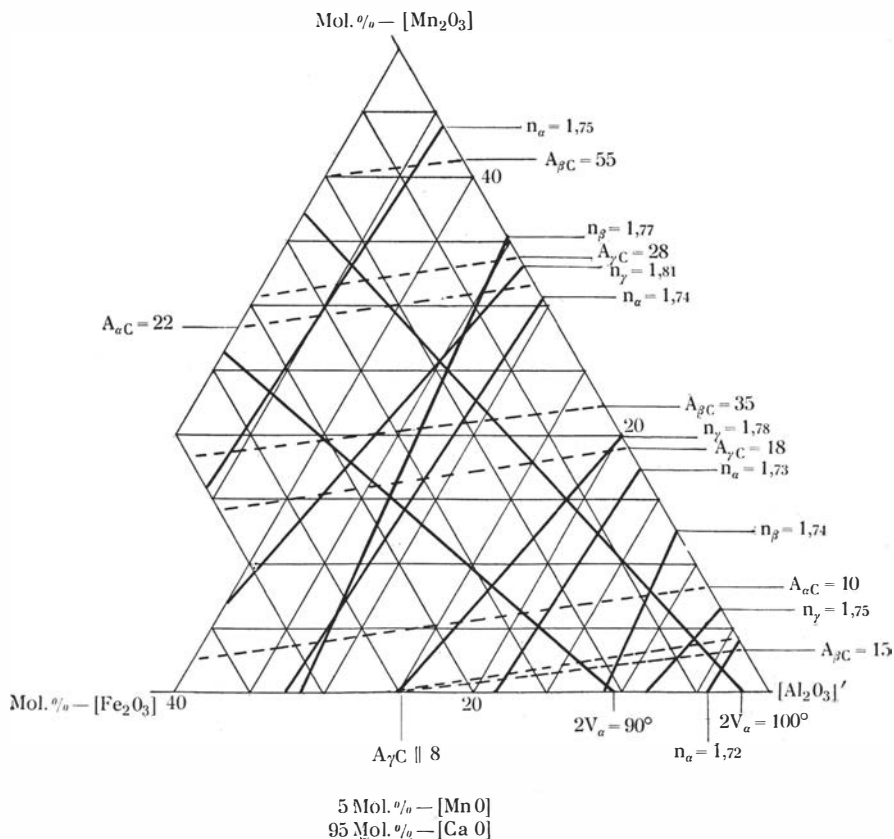


Diagramm X.

Auf der Basis der erhaltenen Ergebnisse sind vier Bestimmungsdigramme entworfen worden: eines für Manganepidote (Diagramm VIII), eines für Piemontite ohne [MnO] (Diagramm IX) und zwei für Piemontite mit [MnO] (Diagramme X, XI).

Am geeignetsten ist es, wenn diese Diagramme verwendet werden sollen, zwei Lichtbrechungsbestimmungen und eine Absorptionsbestimmung oder zwei Absorptionsbestimmungen und eine Lichtbrechungsbestimmung auszuführen. Daneben mag zur Kontrolle der Axenwinkel bestimmt werden.

Wir nehmen einige Beispiele: 1) Die Lichtbrechungen $n_{\beta} = 1,77$,

$n_a = 1,74$ und die Absorption $A_{\beta C} = 25$ wurden bestimmt. Der Schnittpunkt von $n_\beta = 1,77$ mit $A_{\beta C} = 25$ liegt im Diagramm IX bei 20,5 % $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$, 22,5 % $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$. In diesem Punkt ist aber $n_a = 1,743$. Derselbe Schnittpunkt liegt im Diagramm X bei 8 % $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$, 24 % $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$ und in diesem Punkt ist $n_a = 1,7405$. Wir haben somit gefunden, dass die opt. Bestimmung einer Zusammensetzung von 5 % $[\text{MnO}]$, 8 % $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$ und 24 % $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$ ent-

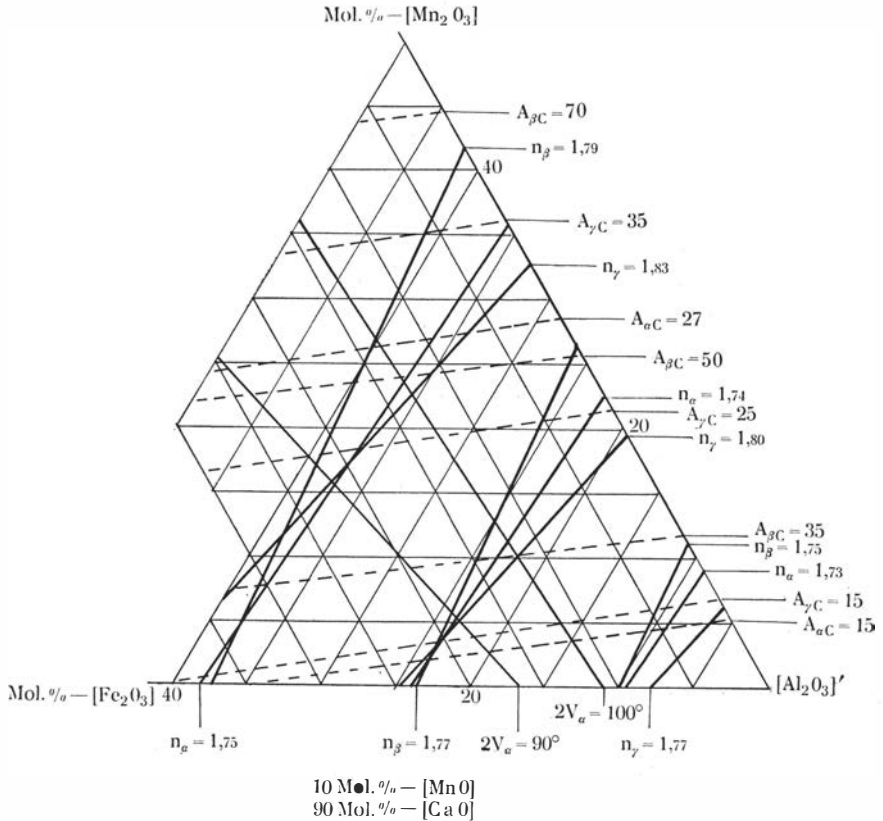


Diagramm XI.

spricht. 2) Die Lichtbrechung $n_\beta = 1,76$ und die Absorptionen $A_{\gamma C} = 20$, $A_{\beta C} = 35$ wurden bestimmt. Der Schnittpunkt von $n_\beta = 1,76$ mit $A_{\gamma C} = 20$ liegt im Diagramm X bei 21 % $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$, 7 % $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$ und in diesem Punkt ist $A_{\beta C} = 34$. Im Diagramm XI liegt derselbe Schnittpunkt bei 13 % $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$, 5 % $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$ und in diesem Punkt ist $A_{\beta C} = 37$. Die opt. Bestimmung entspricht folglich einer Zusammensetzung von 5–6 % $[\text{MnO}]$, 19–20 % $[\text{Mn}_2\text{O}_3]$ und 6–7 % $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$.

Wenn der Bestimmungspunkt auf die horizontale Basislinie der Diagramme X und XI fällt, dürfte das Diagramm VIII verwendet werden.

Mineralogisch-Geologisches Institut, Uppsala, April 1929.

Literatur.

1. M. GOLDSCHLAG: Über die optischen Eigenschaften der Epidote. Tsch. mineral. u. petrogr. Mitteilungen. Folge 2, 34, 1917, pag. 22—60.
2. H. LASPEYRES: Zeitschr. für Kryst. 4 (1880), pag. 454.
3. W. RAMSAY: Zeitschr. für Kryst. 13 (1887), pag. 97.
4. M. BORN: Beiträge zur Bestimmung der Lichtbrechungsverhältnisse doppeltbrechender Krystalle durch Prismenbeobachtungen. Neues Jahrb. f. Min., Geol. B. Bd. 5 (1886), pag. 1—51.
5. H. E. MERWIN: Media of high refraction for refractive index determinations with the microscope etc. Journal of the Wash. Acad. of Sc. 3 (1913), pag. 35—40.
6. F. BECKE: Tsch. mineral. u. petrogr. Mitteilungen. 22 (1903), pag. 378—380.
7. C. HLAWATSCH: Tsch. mineral. u. petrogr. Mitteilungen. 21 (1902), pag. 107.
8. P. DRUDE: Lehrbuch der Optik. 2. Aufl. Leipzig 1906, pag. 355.
9. ST. KREUTZ: Sitzungsberichte d. Ak. d. Wiss. in Wien, Bd. 117 (1908), pag. 892.
10. J. KÖNIGSBERGER: Über die Absorption des Lichtes in festen Körpern. Habilitationsschrift der Universität Freiburg i. B., Leipzig 1900.
11. P. IES: Über die Abhängigkeit der Absorption des Lichtes in kristallisierten Körpern. Preisschrift, Göttingen 1903.
12. A. BEER: Die Absorptionsverhältnisse des Cordierits für rotes Licht. Pogg. Ann. 84 (1851), pag. 37.
13. O. HAGEN: Ueber die Absorption des Lichtes in Krystallen. Pogg. Ann. 106 (1859), pag. 33.
14. P. KAEMMERER: Neues Jahrb. für Min., Geol. B. Bd. 20 (1905), pag. 174.
15. WINKELMANN: Handbuch der Physik. Optik VI: 2, pag. 1247.
16. P. DRUDE: Wied. Ann. 40 (1890), pag. 665 u. 673, auch J. EHLERS op. cit., pag. 280.
17. M. BEREK: Mikr. Mineralbest. mit Hilfe der Universaldrehtischmethoden. Berlin 1924. Tafel I und pag. 128.
18. G. FLINK: Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologi, Bd. 5, Hft. 3—5, 1914, pag. 117.
19. G. FLINK: Bihang till Vetenskapsakademiens Handlingar. Stockholm. 13 (1888), p. 52.
20. J. EHLERS: Die Absorption des Lichtes in einigen pleochroitischen Krystallen. N. Jahrb. f. Min., Geol. B. Bd. 11 (1897), pag. 281.
21. H. LASPEYRES: Zeitschrift für Krystallographie etc., 3 (1879), pag. 525.
22. DES CLOIZEAUX: Manuel de minéralogie, 1 (1862), pag. 245.
23. B. KOTÔ: On some occurrences of Piedmontite schist in Japan. Quarterly Journal of Geol. Soc., Bd. 43 (1887), pag. 474—480.
24. G. H. WILLIAMS: Amer. J. Sc., Bd. 36, 3rd. series (1893), pag. 50.
25. E. LARSEN: Bull. U. S. Geol. Survey 649 (1921), pag. 120.
26. F. W. CLARKE: Bull. U. S. Geol. Survey 419 (1910), p. 272.
27. J. S. EYERMAN: Miner. Pennsylv. 1911. Ref. Zeitschr. f. Kryst., Bd. 54 (1915), pag. 98.
28. A. LACROIX: Minéralogie de la France et de ses colonies: 1 (1893—95), pag. 153.
29. FERMOR: Mem. Geol. Surv. India, 37 (1909).

30. E. HARWORTH: *Am. Geologist*, 1 (1888), p. 365.
31. C. LAUSEN: *Journ. Min. Soc. America*, 12 (1927), pag. 283.
32. A. F. ROGERS: *School of Mines Quarterly*, 33 (1912), p. 373.
33. TH. LIEBISCH: *Zeitschr. d. geol. Ges.* 29 (1877), p. 717.
34. E. P. MÜLLER: *Centralbl. f. Min.* 1916, p. 457.
- 34 a. D. ROTMAN: *Ann. Inst. Geol. Romaniei. Bucaresti*, Bd. VII (1913), pag. 311.
35. G. FLINK: *Bih. Vet. Ak. Handl.*, Stockholm, 12, II (1886), pag. 46.
36. G. FLINK: *Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologi*, Stockholm, Bd. 6: 5 (1917), pag. 94.
37. E. WEINSCHENK: *Zeitschrift für Krystallographie*, 26 (1896), pag. 167, 163 u. 444.
38. F. ZAMBONINI: *Boll. R. Com. geol. d'Italia*, vol. XLVII (1920), pag. 65—99.
39. E. H. FORBES: *Zeitschr. für Kryst.*, 26 (1896), p. 138.
40. E. L. BRUCE and C. W. GREENLAND: *Amer. Min.*, 9 (1924), pag. 199—201.
41. U. GRUBENMANN: *Festschrift der Dozenten der Universität Zürich*, 1914.
42. A. LACROIX: *Minéralogie de la France*, 4, II (1910), p. 710.
43. E. H. FORBES: *Loc. cit. Anal. H. LASPEYRES: Zeitschrift f. Kryst.*, 3 (1879), pag. 562.
44. H. H. THOMAS: *Min. Mag.*, 14 (1905), p. 109.
45. F. ZAMBONINI: *Zeitschr. f. Kryst.*, 37 (1903), pag. 70.
46. RENARD: *Bull. de l'Acad. R. de Belg.*, 50 (1880), p. 170—177. *Anal.*
47. O. ANDERSEN: *Arch. for Math. og Naturv.*, 31 (1911), pag. 1—48.
48. E. KLEIN: *Neues Jahrb. Min., Geol.* (1872), pag. 120.
49. C. W. CARSTENS: *Norsk Geol. Tidskrift*, Bd. 8 (1925), pag. 142.
50. P. NIGGLI: *Zeitschr. f. Kryst.*, 57 (1922—23), pag. 315.
51. W. EITEL: *Neues Jahrb. f. Min., Geol.*, Bd. 42 (1919), pag. 192.
52. B. KOTÔ: *Journal of the Coll. of Sc. Tokio*, 1 (1887), pag. 305.
53. F. BALZAC: *Rend. R. Acc. Lincei Cl. fis., mat. e. nat.*, vol. XXV (5 a), (1916), pag. 587—592.
54. H. DUFET: *Comptes rendus*, 86 (1878), pag. 880. *Ref. Zeitschr. f. Kryst.*, 3 (1879), pag. 431.
55. A. FOCK: *Zeitschr. f. Kryst.*, 4 (1880), pag. 593.
56. G. WULFF: *Zeitschr. f. Kryst.*, 36 (1902), pag. 1.
57. H. BECQUEREL: *Comptes Rendus*, t. 108 (1889), pag. 282.
58. H. BECQUEREL: *Annales de Chimie et de Physique*, 6 serie, t. XIV (1888), pag. 170.
59. A. BEER: *Absorption des roten Lichts in farbigen Flüssigkeiten*. *Pogg. Ann.*, 86 (1852), 78.