

## XII. Ueber Epidot und Zoisit.

Von

E. Weinschenk in München.

(Hierzu Tafel III, Fig. 6—12.)

Die Frage, in welcher Weise man das Verhältniss von Epidot und Zoisit aufzufassen habe, und auf welchem Wege man die plausibelste Deutung der von den beiden Silicaten dargebotenen analogen Erscheinungen finden könne, wurde schon vielfach erörtert, ohne dass aber jemals eine den physikalischen wie den geometrischen Eigenschaften der Krystalle der beiden Mineralien in gleicher Weise gerecht werdende Erklärung gegeben worden wäre. Während Brögger<sup>1)</sup> den Epidot durch Morphotropie auf den Zoisit zurückzuführen versucht, ist Groth<sup>2)</sup> geneigt, ihre Verwandtschaft mit derjenigen von Plagioklas und Orthoklas zu vergleichen und den Zoisit durch vielfach wiederholte Zwillingsbildung aus dem Epidot abzuleiten. Hintze<sup>3)</sup> endlich verneint die Nothwendigkeit der Annahme einer Dimorphie der beiden Mineralien nach dem augenblicklichen Stande unserer Kenntnisse überhaupt.

Die Aehnlichkeit beider Silicate in chemischer Beziehung wurde schon früher unzweifelhaft festgestellt, indess fand man bei allen bis jetzt untersuchten Varietäten von Epidot einen um ein Bedeutendes höheren Gehalt an Eisenoxyd, als dies bei den eisenreichsten unzweifelhaften Zoisiten der Fall war. Wenn auch eine geringe Anzahl von Analysen von Zoisit einen etwas höheren Gehalt an Eisenoxyd ergeben, als in den eisenärmsten Epidoten gefunden wurde, so ist darauf um so weniger Gewicht zu legen, als einestheils die Ausbildung des Zoisits in vielen Fällen eine derartige ist, dass ein zur Analyse brauchbares Material wegen der zahlreichen Einschlüsse

1) W. C. Brögger, diese Zeitschr. **16**, 90.

2) P. Groth, Tabellarische Uebersicht etc. III. Aufl. 409.

3) C. Hintze, Handbuch der Mineralogie **2**, 499.

kaum beschafft werden kann, und weil andererseits in manchen dieser Fälle Verwechslungen von Zoisit mit Epidot vorliegen dürften, indem der letztere in den eisenärmeren Varietäten nur durch eingehende optische Untersuchung von ersterem zu unterscheiden ist, wenn, wie dies meistens der Fall ist, nicht wohlausgebildete Krystalle, sondern strahlige und stenglige Aggregate vorliegen. Gerade über diesen letzteren Punkt werden die im Folgenden dargestellten Beobachtungen manche Aufklärung geben.

Wenn es somit durch die bis jetzt angestellten Untersuchungen in hohem Grade wahrscheinlich gemacht wurde, dass in dem Zoisit das Silicat  $H_2Ca_4Al_6Si_6O_{26}$  in annähernd reinem Zustande vorhanden ist und dass sich der Epidot von diesem durch eine mehr oder weniger bedeutende Beimengung des analogen Silicates  $H_2Ca_4Fe_6Si_6O_{26}$  unterscheidet, so erscheint es an und für sich klar, dass man zu der Annahme geführt wurde, das erstere Silicat krystallisire rhombisch, dem letzteren dagegen komme monokline Form zu.

Diese Verhältnisse erscheinen durch eine grosse Anzahl von Analysen von Zoisit sowohl wie von Epidot sichergestellt, wenn auch, zumal in letzter Zeit, mehrfach Varietäten von Epidot untersucht wurden, welche sich in chemischer Beziehung recht bedenklich der Zusammensetzung des reinen Zoisits nähern. Aber auch der eisenoxydärmste von diesen, der Epidot von Huntington, Mass., welchen E. H. Forbes (s. S. 438) kürzlich chemisch, krystallographisch und optisch studirte, ist noch etwas reicher an Eisenoxyd, als in unzweifelhaften Zoisiten nachgewiesen werden konnte. Die auf die oben auseinandergesetzten chemischen Verhältnisse von Epidot und Zoisit basirte Anschauung über die gegenseitigen Beziehungen der beiden Mineralien wurde dadurch nicht entkräftet. Dass dieselbe aber trotzdem in der That nicht aufrecht zu erhalten ist, das beweist mit Sicherheit ein von mir vor einigen Jahren in den Serpentin-Contactlagerstätten der Goslerwand, südlich vom Gross-Venediger in den Hohen Tauern, aufgefundenes Vorkommniss, welches für chemische sowohl wie für krystallographische und optische Untersuchungen ein vorzügliches Material bot, und das weiter unten eingehend beschrieben werden soll.

Was die geometrischen Eigenschaften der beiden Mineralien betrifft, so gehört in dieser Beziehung der Epidot zu den am genauesten studirten Mineralien überhaupt, da derselbe sich an zahllosen Punkten in vorzüglichen Krystallen von tadelloser Ausbildung findet, während dagegen der Zoisit nur in ganz vereinzelt Fällen ein zu krystallographischen Untersuchungen geeignetes Material darbot. Unsere Kenntniss der Krystalle des Zoisits ist fast ausschliesslich den Untersuchungen Tschermak's<sup>1)</sup> zu verdanken,

1) G. Tschermak und L. Sipocz, Beitrag zur Kenntniss des Zoisits. Ref. diese Zeitschr. 6. 200.

welcher solche von Ducktown in Polk Co., Tennessee, genaueren Studien unterzog. Um jedoch eine directe Vergleichung der Winkel zu ermöglichen, welche an beiden Mineralien gemessen wurden, erscheint es zweckmässig, die jetzt gebräuchliche Stellung derselben aufzugeben und eine Stellung zu wählen, in welcher ihre gesetzmässigen Beziehungen direct hervortreten. Wie schon Brögger (l. c.) ausgeführt hat, ist dies dann der Fall, wenn man die jetzige *c*-Axe des Zoisits als *b*-Axe, die *b*-Axe desselben als *a*-Axe aufstellt, und beim Epidot als Basis statt der jetzt angenommenen Fläche *M* die Fläche  $i = \{102\}$  wählt. Die dabei hervortretenden Analogien sollen durch Fig. 6 und 7 der Tafel III veranschaulicht werden, von welchen Fig. 6 die gewöhnlichsten Epidotformen in senkrechter Projection auf die Symmetrieebene zeigt, während in Fig. 7 die entsprechenden Formen des Zoisits in gleicher Weise dargestellt sind. Man erhält durch directe Umrechnung des von Tschermak angegebenen Axenverhältnisses des Zoisits:

$$a : b : c = 0,64963 : 1 : 0,34295$$

in die neue Stellung das Axenverhältniss:

$$\tilde{a} : \tilde{b} : c = 2,9458 : 1 : 1,7900$$

und die krystallographischen Constanten des Epidots, welche von Kokscharow sen. aufgestellt wurden:

$$a : b : c = 1,5807 : 1 : 1,8057 : \\ \beta = 64^{\circ} 36'$$

geben in der neuen Aufstellung die Werthe:

$$\tilde{a} : \tilde{b} : c = 2,8944 : 1 : 1,8057 : \\ \beta = 81^{\circ} 3',$$

woraus schon die nahe Uebereinstimmung analoger Flächenwinkel folgt.

In dieser Stellung ist die Fläche vollkommener Spaltbarkeit beim Zoisit  $\{100\}$ , die zweite weniger vollkommene Spaltung geht parallel zu  $\{001\}$ . Beim Epidot erhält die vollkommene Spaltbarkeit das Zeichen  $\{101\}$ , die andere, welche hier bedeutend schlechter ausgebildet zu sein pflegt, bleibt  $\{400\}$ . Einige der charakteristischsten Winkel, welche die Aehnlichkeit der beiden Mineralien darlegen, mit den für die neue Aufstellung umgerechneten Symbolen, sind:

| Zoisit:  | Epidot:  |
|--|--|
| $m : m = (101) : (\bar{1}01) = 63^{\circ} 34'$ | $r : M = (101) : (\bar{1}01) = 63^{\circ} 42'$ |
| $o : m = (111) : (101) = 56 \ 56$              | $n : r = (111) : (101) = 54 \ 47$              |
| $o : m = (\bar{1}11) : (\bar{1}01) = 56 \ 56$  | $o : M = (\bar{1}11) : (\bar{1}01) = 58 \ 29$  |
| $n : b = (210) : (100) = 55 \ 33$              | $z : T = (210) : (100) = 55 \ 0$               |

eine nahe Uebereinstimmung, auf welche übrigens schon von Tschermak hingewiesen wurde.

Diese Analogie der Winkel an und für sich betrachtet wird ebensowohl berücksichtigt, wenn man mit Brögger den Epidot durch Morphotropie aus dem Zoisit ableitet, oder wenn man sich nach dem Vorgange von Groth im Sinne der Mallard'schen Theorie den Zoisit aus vielfach wiederholten Zwillinglamellen von Epidot aufgebaut denkt. Aber wenn man ausser den blossen Winkelwerthen nur noch die Spaltbarkeit der beiden Mineralien in Rechnung zieht, so werden die Verhältnisse sehr zu Ungunsten der ersten Anschauung verschoben. Eine Erklärung für das Auftreten der vollkommenen Spaltbarkeit des Epidots nach  $\{101\}$  ist in diesem Falle nicht zu finden, ebenso wenig wie ein Grund dafür zu erkennen ist, weshalb die Spaltbarkeit des Zoisits nach  $\{001\}$  im Epidot verloren gegangen ist. Dagegen er giebt sich eine Erklärung hierfür ganz ungezwungen nach der zweiten Theorie, ja diese letztere fordert sogar geradezu die in den beiden Mineralien zu beobachtenden Cohäsionsverhältnisse. Wenn man den Zoisit nach der Mallard'schen Theorie aus dem Epidot ableitet, so denkt man sich denselben aufgebaut aus einer grossen Anzahl von Lamellen nach dem gewöhnlichen Zwillingsgesetze des Epidots: Zwillingsebene  $\{100\}$ . Durch diesen lamellaren Bau wird natürlich die parallel zur Zwillingsebene verlaufende unvollkommenere Spaltbarkeit des Epidots zu einer höchst vollkommenen, wie sie thatsächlich im Zoisit vorhanden ist, und durch die in den beiden Lamellensystemen entgegengesetzt geneigte, vollkommene Spaltbarkeit des Epidots nach  $\{101\}$  muss eine unvollkommene hervorgehen, welche dem Mittelwerthe dieser beiden Richtungen, d. h. der Basis des rhombischen Minerals entspricht.

Wenn so in Beziehung auf Krystallform und Spaltbarkeit volle Uebereinstimmung zwischen den von der Mallard'schen Theorie geforderten und den thatsächlich beobachteten Verhältnissen vorhanden ist, wird man wohl auch den Versuch machen, die optischen Eigenschaften des Zoisits aus denjenigen des Epidots abzuleiten. Indessen stösst man hier auf Schwierigkeiten. In allen Epidoten liegt die Axenebene im Klinopinakoid und die positive Bisectrix ist um wenige Grad gegen die Senkrechte zu  $\{100\}$  gedreht. Vielfach wiederholte Zwillingbildung nach dieser letzteren Fläche müsste, da in den beiden Lamellensystemen gleichwerthige Elasticitätsachsen annähernd parallel liegen, eine Doppelbrechung ergeben, welche mit denjenigen des Epidots nahe übereinstimmt. Die Lage der Axenebene könnte auf keinen Fall geändert werden, und die optischen Axen, deren Winkel sich vielleicht um Weniges verkleinert, müssten kräftige Dispersion zeigen, welche der Symmetrie des rhombischen Systems entspricht. Wenn man nun auch schon durch die Untersuchungen von Lacroix<sup>1)</sup> und

1) A. Lacroix, Propriétés optiques de la withamite. Bull. soc. min. France 1886, 9, 75; diese Zeitschr. 13, 646, und Sur une épidote blanche du canal du Beagle (Terre du Feu). Ebenda 10, 450 und diese Zeitschr. 14, 621.

Ramsay<sup>1)</sup> erkannt hatte, dass die Varietäten von Epidot sich in Beziehung auf ihre Doppelbrechung sehr verschieden verhalten, und dass zumal die licht gefärbten, vermuthlich eisenoxydarmen Varietäten eine um vieles geringere Doppelbrechung aufweisen, als den gewöhnlichen, eisenoxydreichen, tiefgefärbten zukommt, so wurde diese Anschauung doch erst durch die Untersuchungen von E. H. Forbes an dem Epidot von Huntington, Mass., sichergestellt, da hier optische, chemische und krystallographische Untersuchungen mit einander Hand in Hand gehen. Es lässt sich daraus der Schluss ziehen, dass in den verschiedenen Varietäten der monoklinen Reihe sich der Winkel der optischen Axen um die positive Bisectrix mit der Abnahme des Eisenoxydgehaltes verkleinert, so dass die eisenoxydarmen Glieder einen positiven Charakter der Doppelbrechung besitzen, während die eisenoxydreicheren optisch negativ sind. Gleichzeitig nimmt die Doppelbrechung selbst ab; während Michel-Lévy<sup>2)</sup> in einem tiefgefärbten Epidot der Schiefer von Groix die Doppelbrechung zu 0,056 fand, während dieselbe in dem chemisch so eingehend untersuchten Vorkommniss von der Knappenwand im Untersulzbachthal von Klein zu 0,038 bestimmt wurde, geht sie in dem eisenoxydarmen Epidot von Huntington nach den Messungen von Forbes bis zu 0,040 herunter. Es würde also den eisenarmen Epidoten eine Doppelbrechung zukommen, welche derjenigen des Zoisit sehr nahe steht. Dagegen ist die Lage der Ebene der optischen Axen im Zoisit gegen diejenige im Epidot um 90° gedreht und liegt, wenigstens in den hauptsächlichsten Partien der untersuchten Krystalle, || zu {100}. Für diese letztere Erscheinung giebt die Theorie keine Erklärung; es lässt sich somit das Verhältniss von Zoisit und Epidot nur in krystallographischer, nicht aber auch in optischer Beziehung mit demjenigen von Orthoklas und Plagioklas vergleichen, d. h. auch die Mallard'sche Theorie giebt für das Verhältniss von Zoisit und Epidot keine vollkommene Erklärung.

Wie schon bemerkt, fand ich vor einigen Jahren an der Gosler Wand bei Prägraten in Tirol, auf dem Hauptkamm zwischen dem Deffereggerthal und dem Iselthal, ein monoklines Glied der Epidotgruppe auf, welches infolge seiner lichtrothen Farbe auffällig erschien und wegen der grossen Schönheit der Ausbildung seiner Krystalle sich besonders zu genaueren Studien eignete. Da die chemische Analyse dieses Minerals eine vollkommene Uebereinstimmung desselben mit den besten Analysen von Zoisit ergab, so dass in demselben thatsächlich die monokline Modification des im Zoisit rhombisch krystallisirenden Silicates erblickt werden muss, da ferner

<sup>1)</sup> W. Ramsay, Ueber die isomorphe Schichtung und die Stärke der Doppelbrechung im Epidot. Jahrb. f. Mineral. etc. 1893, 1, 441. Diese Zeitschr. 25, 504.

<sup>2)</sup> Michel-Lévy, Note sur la biréfringence de quelques minéraux; application à l'étude des roches en plaques minces. Bull. soc. min. France 1884, 7, 47. Diese Zeitschrift 11 204.

mit diesem Unterschied in der chemischen Zusammensetzung so bedeutende Unterschiede in optischer Beziehung bei dem hier aufgefundenen ebenso wie bei anderen ihm nahestehenden Gliedern der Epidotgruppe gegenüber dem gewöhnlichen Epidot zu constatiren sind, wie sie in anderen isomorphen Gruppen auch nicht annähernd erreicht werden, möchte ich diese eisenärmsten Glieder der Gruppe von den eisenreicheren auch schon im Namen getrennt wissen und schlage für erstere den Namen Klinozoisit vor, welcher zugleich die krystallographischen und chemischen Beziehungen der Substanz klarlegt. Unter Klinozoisit verstehe ich alle monoklinen Glieder der Zoisit-Epidotgruppe, welche durch ihre chemische Zusammensetzung sich dem rhombischen Zoisit nähern, welche ferner optisch positiv sind und schwächere Licht- und Doppelbrechung besitzen als der eigentliche Epidot. Das Verhältniss von Klinozoisit zu Epidot wäre somit ganz analog zu dem zwischen Enstatit, Bronzit und Hypersthen bestehenden, bei welchen mit einer Zunahme des Eisenoxydulgehaltes ein Anwachsen der Licht- und Doppelbrechung, sowie eine Vergrößerung des Winkels der optischen Axen um die positive Bisectrix zu verfolgen ist.

Ich möchte hier noch auf eine beim Epidot fast allgemein verbreitete Erscheinung hinweisen, welche das Mineral trotz seiner zum Theil geradezu hervorragenden äusseren Beschaffenheit zu exacten optischen Bestimmungen vollständig unbrauchbar macht. Alle Vorkommnisse von Epidot zeigen, wie schon Ramsay hervorgehoben hat, einen Aufbau aus verschiedenen zusammengesetzten Schichten, und da die Abweichungen in optischer Beziehung bei den verschiedenen Gliedern der Epidotgruppe so ausserordentlich bedeutende sind, ergeben die Messungen der Hauptbrechungsexponenten, zumal mittelst der Prismenmethode, nur Mittelwerthe, welche man nicht ohne Weiteres der durch die chemische Analyse erschlossenen Mischung zuschreiben darf, die gleichfalls nur den Durchschnitt der Zusammensetzung der verschiedenen Schichten angeht, welche zur Analyse Verwendung fanden. Es treten daher die Gesetzmässigkeiten zwischen der chemischen Zusammensetzung und den optischen Constanten verhältnissmässig weniger deutlich hervor und fast jede erneute Untersuchung liefert Resultate, die mehr oder weniger von denjenigen abweichen, welche frühere Beobachter an demselben Vorkommniss erzielten. Wie bedeutend der Unterschied in der Zusammensetzung der einzelnen Schichten eines Epidots sein kann, beweisen die Untersuchungen von Michel-Lévy, welcher an einem und demselben Epidot aus einem Contactgestein von Cabre bei Vic-Dessos (Ariège) in den dunkler gefärbten Partien im Dünnschliff die hohe Doppelbrechung von 0,054 bestimmte, während die licht gefärbten nur 0,046 ergaben. Diese Erscheinung ist natürlich nur mit der parallelen Verwachsung verschiedener Epidotsubstanzen zu erklären und nicht, wie es Michel-Lévy versucht, *supposant, que les cristaux d'épidote sont transformés par actions secon-*

daires dans une partie de leur épaisseur, en une substance isotrope<sup>a</sup> (l. c. 47). Eine Bestimmung der Brechungsexponenten dieses Epidots nach der Prismenmethode müsste ein von den Grenzwerten bedeutend abweichendes Resultat ergeben. Die parallele Verwachsung der verschiedenen, einen Krystall zusammensetzenden Epidotsubstanzen erfolgt hin und wieder in zonarer Weise, so dass sich Schichten von verschiedener Zusammensetzung parallel zu der äusseren Umgrenzung der Krystalle ablagerten; in diesem Falle kann man mittelst Totalreflexion die optischen Constanten einer einheitlichen Schicht bestimmen. Oder aber die Grenzen der verschiedenen Mischungsglieder sind vollkommen regellos — nach meinen Beobachtungen zumal bei den eisenärmeren Varietäten weitaus der häufigere Fall — und es giebt dann auch die Totalreflexionsmethode ausschliesslich Mittelwerthe.

Noch viel geringer ist die Genauigkeit der optischen Bestimmungen am Zoisit, da einestheils nur selten einigermaßen brauchbares Material für derartige Untersuchungen aufzufinden ist, anderentheils Krystalle, welche nicht geradezu mikroskopische Dimensionen aufweisen, einen höchst complicirten Aufbau besitzen.

Im Zusammenhange mit meinen Untersuchungen des Klinozoisits von Prägraten wurden vergleichende optische und chemische Studien an einigen anderen Varietäten von Epidot und Zoisit ausgeführt, welche in chemischer Beziehung dem dort vorkommenden nahe stehen, so an dem früher als Thull bezeichneten rothen Epidot, welcher sich zwischen Rothenkopf und Ochsner im Zillerthal findet, sodann an einem Zoisit vom Gorner Gletscher bei Zermatt, sowie an einem solchen aus der Kleinitz bei Prägraten.

Das Material des letzteren, ebenso wie dasjenige des Klinozoisits habe ich selbst an Ort und Stelle gesammelt. Der Zoisit vom Gorner Gletscher wurde 1883 von Herrn Prof. Groth von dort mitgebracht, welcher mir dasselbe ebenso wie eine Stufe des Zillerthaler Vorkommnisses aus der königl. bayerischen Staatssammlung freundlichst zur Untersuchung überliess, wofür ich ihm, ebenso wie für vielfache Anregungen während dieser Studien, meinen besten Dank ausspreche. Ferner zu Danke verpflichtet bin ich Herrn Dr. Grünling, welcher mir die von ihm seinerzeit ausgeführten krystallographischen Bestimmungen an dem Zoisit vom Gorner Gletscher mittheilte.

Die Bestimmungen der Brechungsexponenten führte ich mit dem in der vorhergehenden Abhandlung beschriebenen Apparate an natürlichen Krystallflächen in einer Lösung von Schwefel in Methylenjodid aus; sie können gleichzeitig als eine Probe auf die Leistungsfähigkeit des Apparates betrachtet werden.

## 1. Der Epidot vom Rothenkopf.

Hoch oben in der Einsattelung zwischen Rothenkopf und Ochsner im Schwarzensteingrund, Zillerthal, finden sich auf einem dichten, richtungslos körnigen Aggregat von Epidot, Diopsid, Chlorit und Hessonit, welches Gänge im Serpentin bildet, Krystalle eines Epidots von rein himbeerrother Farbe, welcher indess ausserordentlich häufig in der mannigfaltigsten Weise mit einer gelblichgrünen Epidotvarietät verwachsen ist. Begleitet wird das Mineral hier von grossen Krystallen eines lichtrothen Hessonits. Da indess heutzutage in der Literatur in Beziehung auf die Fundorte des Zillerthales eine ausserordentliche Verwirrung herrscht, mag es gerechtfertigt erscheinen, wenn ich hier wenigstens in Beziehung auf einige Epidotvorkommnisse Klarheit schaffe, welche sich schon durch ihre Farbe als ganz verschiedene Glieder der Gruppe charakterisiren, die aber allenthalben mit einander verwechselt werden. An dem Serpentinstock des Rothenkopf-Ochsner allein, welcher sich im hinteren Schwarzensteingrund erhebt, finden sich nämlich nicht weniger als vier Fundorte verschiedener Epidotvarietäten, welche sowohl in ihrem Aussehen als in ihrer Paragenesis zu unterscheiden sind, welche aber in der Literatur, ausser in den ersten Angaben von Liebener und Vorhauser, sowie von Zepharovich nicht auseinandergehalten werden. Die Kartenskizze Tafel III, Fig. 12 soll die Vertheilung der vier Epidotfundpunkte am Rothenkopf-Ochsner, wie sie aus meinen Aufnahmen dortselbst hervorgeht, deutlich machen. Mit (1) ist der Punkt bezeichnet, an welchem der hier in Betracht kommende rothe Epidot bricht. Bei (2) am Abhänge des Rothenkopfes gegen den Schwarzen See finden sich weingelbe bis wachsgelbe Epidotkrystalle zusammen mit lichtgrünem Diopsid und braunem Aplom auf einem stark zerklüfteten, etwas verwitterten Aggregat von Diopsid, Epidot und Strahlstein. Auf der Höhe des Rothenkopfes gegen die Melkerscharte zu ist mit (3) ein weiterer Fundort eingezeichnet. Der hier auftretende Epidot hat licht pistaziengrüne Farbe, seine Krystalle erreichen eine ziemliche Grösse und in seiner Begleitung findet man grobschuppigen Chlorit und kirschrothen Granat in Krusten auf einer Unterlage, welche aus schuppigem Chlorit besteht. Diese drei Vorkommnisse bilden Kluftausfüllungen im Serpentin selbst; das letzte, auf der Skizze mit (4) bezeichnet, liegt an dem vom Ochsner herabziehenden Ochsnerkar; es tritt im Nebengestein des Serpentins im Gneiss, in nächster Nähe der Grenze beider Gesteine, auf, ist von licht- bis dunkelölgrüner Farbe, die Farbe meist in einem und demselben Krystall wechselnd, und wird begleitet von Periklin und Apatit und umhüllt von erdigem Chlorit. Die hier vorkommenden Krystalle erreichen von allen die bedeutendsten Dimensionen.

Da nun die Beobachtungen an diesen vier Vorkommnissen in der Literatur stets durcheinander geworfen werden, da ferner zu der chemischen Analyse, welche Laspeyres<sup>1)</sup> ausführte, offenbar Material von verschiedenen dieser Vorkommnisse verwendet wurde, schien es zweckmässig, eine erneute quantitative Untersuchung des lichtrothen Epidots (4) zu unternehmen, welche ich im hiesigen mineralogischen Institute ausführte.

Die Krystalle sind zum Theil frei ausgebildet, zum Theil eingebettet in Kalkspath, und häufig ist die ganze Masse von einem wirren Netzwerk von Klüften durchsetzt, welche durch eine jüngere Bildung von Quarz ausgefüllt werden, der auch alle Risse des Epidots selbst ausheilt. Der Habitus der Krystalle ist der gewöhnliche, Zwillinge und namentlich auch Zwillinglamellen sind äusserst häufig und machen es im Verein mit der Verwachsung verschiedener Epidotsubstanzen äusserst schwierig, für optische Untersuchungen geeignetes Material aufzufinden.

Was die Form der Krystalle betrifft, so stellen dieselben sehr flächenreiche Combinationen dar. Tarassow bestimmte an den rothen Krystallen allein 22 Formen, von welchen am häufigsten  $MTrfnz$  mit herrschendem  $M$  und gleich grossen  $n$ - und  $z$ -Flächen vorkamen. Das mir vorliegende Material ergab in dieser Beziehung nichts Neues.

In ihrer ganzen Masse gleichmässig gefärbte Krystalle trifft man kaum, häufig beobachtet man scharf abgetrennt um einen gelbgrünen Kern eine himbeerrothe Hülle, aber auch das umgekehrte Verhältniss findet sich; an einzelnen Krystallen ist der untere Theil roth, die Endausbildung gelbgrün, an anderen ist gerade das Gegentheil zu beobachten; das Gewöhnlichste aber ist, dass die verschieden gefärbten Substanzen scheinbar regellos durcheinander gewachsen sind.

Zum Behufe der chemischen Untersuchung suchte ich durch vorsichtiges Auslesen ausschliesslich Material von den rothen Partien zu gewinnen, was auch soweit gelang, dass die Beobachtung des Pulvers im Mikroskop nur ganz geringe Beimengungen der gelbgrünen Partien erkennen liess. Von dem so dargestellten reinen Material wurden 0,5024 g zur Wasserbestimmung nach der Methode von Sipöcz, zur Hauptanalyse 0,5467 g und endlich zur Bestimmung des  $FeO$ -Gehaltes 0,5629 g verwendet. Die Trennung der einzelnen Bestandtheile erfolgte nach den allgemein üblichen Methoden zumeist in Platingefässen, und es wurden Niederschläge sowohl wie Filtrate in jedem Falle auf ihr Reinheit geprüft. Die Analyse ergab:

1) Laspeyres, Mineralogische Bemerkungen. Diese Zeitschr. 3, 562.

|           |              |
|-----------|--------------|
| $SiO_2$   | 38,60        |
| $Al_2O_3$ | 31,74        |
| $Fe_2O_3$ | 3,52         |
| $FeO$     | 0,35         |
| $MnO$     | Spur         |
| $CaO$     | 24,22        |
| $H_2O$    | 1,95         |
|           | <hr/> 100,35 |

Die himbeerrothen Partien des Epidots vom Rothenkopf zeigen demnach einen bei weitem geringeren Gehalt an Eisenoxyd, als bis jetzt jemals in einem Epidot nachgewiesen wurde, und übertreffen in dieser Beziehung auch den von Forbes untersuchten Epidot von Huntington, in welchem der Gehalt an Eisenoxyd zu 5,67% bestimmt wurde. Auffallend bleibt vor allem bei der lebhaft rothen Farbe des Epidots der geringe Gehalt an Mangan, weshalb nachträglich noch in allen Niederschlägen nach demselben gesucht wurde, aber vergebens.

Zur Bestimmung der optischen Constanten wurde ein abgelöster Krystall benutzt, dessen vorzüglich spiegelnde, ungestreifte  $(\bar{1}01)$ -Fläche von etwa  $2\frac{1}{2}$  mm Grösse ausschliesslich die rothe Epidotsubstanz erkennen liess, während im Querschnitt des etwa  $1\frac{1}{2}$  mm dicken Krystalles allerdings untergeordnete Partien der gelbgrünen Substanz vorhanden waren; Zwillinglamellen enthielt das Fragment nicht.

Die Lichtbrechung des Minerals wurde durch Totalreflexion an der  $(101)$ -Fläche, welche vorzüglich scharfe Grenzen gab, gemessen; den Axenwinkel bestimmte ich an demselben Fragment mit dem Klein'schen Drehapparate, wobei das Gefäss mit einem Gemenge von Bromnaphthalin und Methyljodid gefüllt war, welches in seiner Lichtbrechung ziemlich genau der mittleren Lichtbrechung des Epidots entsprach. Es ergab sich.

$$\alpha = 1,7238, \quad \beta = 1,7294, \quad \gamma = 1,7343,$$

$$\gamma - \alpha = 0,0405.$$

Der Winkel der optischen Axen um die negative Bisectrix betrug

$$2V_{Li} = 90^\circ, \quad 2V_{Va} = 89^\circ 16', \quad 2V_{Ti} = 88^\circ.$$

Es liegt demnach in der hier untersuchten Varietät ein an der Grenze zwischen Epidot und Klinozoisit stehendes Glied vor, welches aber noch für alle Farben optisch negativ ist, also zum Epidot gehört. Der Pleochroismus des Minerals zeigt in den rothen Theilen a = blass citronengelb, b = gelblichgrün mit Stich ins Blauviolette (von Forbes als »pflaumfarbig« bezeichnet), c = lebhaft rosa. In den gelbgrünen Partien ist b genau ebenso wie in den röhlichen, a hat einen deutlichen Ton in's Grüne, c endlich ist licht weingelb.

In einem Schnitte nach {010} konnte im *Na*-Lichte eine Abweichung der Schwingungsrichtung von der krystallographischen Axe *c* nicht mit Sicherheit beobachtet werden, im weissen Lichte zeigt sich sehr unvollkommene Auslöschung, eine Folge der Dispersion der Bisectricen, welche hervorgebracht wird durch die sehr verschieden starke Dispersion der beiden optischen Axen, deren jede aber deutlich  $\rho > v$  erkennen lässt.

Endlich wurde noch mittelst einer Lösung von Jodoform in Methylenjodid und der Westphal'schen Wage das specifische Gewicht an einigen vollständig klaren, ausschliesslich rothen Kryställchen bestimmt und zu 3,3985 bei 18° gefunden; merkwürdigerweise schwebte auch ein gelbes Fragment in derselben Flüssigkeit, so dass es nicht gelang, einen Unterschied im specifischen Gewicht zwischen beiden zu constatiren.

## 2. Klinozoisit von der Goslerwand in Prägraten.

Das neue Vorkommniss, welches ich wegen seiner chemischen Uebereinstimmung mit dem Zoisit als Klinozoisit bezeichne, fand ich zuerst in Rollstücken am Fusse der Goslerwand (Spec.-Karte der österr.-ung. Monarchie: Seespitze), östlich von der Bachlenke, einem häufig begangenen Pass, welcher das Iselthal mit dem Defereggenthal verbindet. Später gelang es mir, mit dem Führer Thomas Berger in Prägraten, welcher mich auf den meisten Touren im Gebiete des Gross-Venedigers begleitete, hoch oben an der Nordwand des Serpentinstockes, welcher die Goslerwand bildet, dasselbe anstehend zu beobachten, und in der Folgezeit erhielt ich eine grössere Anzahl prachtvoller Krystalldrusen von dort zugesandt, in welchen aufgewachsene Krystalle des Klinozoisits bis zu mehreren cm Länge vorhanden waren. Die Gesteinsmasse, auf welcher das Mineral auftritt, besteht in der Hauptsache aus Klinozoisit, gemengt mit einem nahezu farblosen Diopsid, welche in einen derben Kalifeldspath eingewachsen sind. Wo die Krystalle des Klinozoisits frei hervorragen, deuten zahlreiche zernagte Reste des Feldspaths darauf hin, dass auch sie ursprünglich eingewachsen waren und erst durch die Wegführung des umhüllenden Minerals freigelegt wurden. Die Krystalle zeigen, wenn sie klar durchsichtig sind, eine zarte rosenrothe Färbung und sind von vorzüglicher Flächenbeschaffenheit, so dass man deutlich erkennt, dass die Agentien, welche den Feldspath auflösten, ohne jeden Einfluss auf den Klinozoisit gewesen sind, ebenso wie auch die stets daneben vorhandenen und oft durch den Klinozoisit hindurchgewachsenen Krystalle des lichten Diopsids keine Einwirkung durch dieselben erkennen lassen. Das ganze Aggregat tritt als Contactbildung zunächst am Serpentin auf und stellt einen Theil des ausserordentlich mineralreichen Bandes dar, welches den Serpentinstock der Goslerwand namentlich auf seiner Nordseite begrenzt. Es mag auch gleich hier darauf hingewiesen

werden, dass Epidotmineralien unter den Vorkommnissen, welche an den verschiedensten Stellen dieser Grenzzone gesammelt wurden, eine hervorragende Rolle spielen, aber alle übrigen gehören dem eigentlichen Epidot an, zu welchem sie schon wegen ihrer tiefen Färbung gestellt werden.

Das umfangreiche Material, welches mir von diesem Funde zur Verfügung stand, ermöglichte die Verwendung fast ideal reinen Materials zur Analyse, wobei aber bemerkt werden muss, dass auch diese Krystalle fast immer einen Aufbau aus verschiedenen stark doppeltbrechenden Partien zeigten, welche hier in ganz besonders regelloser Weise durcheinander gewachsen sind. Zu der quantitativen Analyse wurden ausschliesslich Bruchstücke vollständig klar durchsichtiger, licht rosafarbiger Krystalle verwendet, und das Material ausserdem noch mikroskopisch auf seine Reinheit geprüft, wobei fremde Bestandtheile überhaupt nicht erkannt werden konnten. Die Bestimmungen waren ganz analog denjenigen am Epidot vom Rothenkopf. Angewandt wurden: zur Wasserbestimmung 0,5517 g, zur Gesamtanalyse 0,8798 g, zur Bestimmung des Eisenoxyduls 0,4798 g und schliesslich wurde noch eine Gesamteisenbestimmung mit 0,6243 g ausgeführt, welche 1,93 %  $Fe_2O_3$  ergab. Die Zusammensetzung des Minerals ist:

|           |        |
|-----------|--------|
| $SiO_2$   | 39,06  |
| $Al_2O_3$ | 32,57  |
| $Fe_2O_3$ | 1,68   |
| $FeO$     | 0,29   |
| $MnO$     | Spur   |
| $CaO$     | 24,53  |
| $H_2O$    | 2,01   |
|           | 100,14 |

Der Klinozoisit von der Goslerwand enthält somit noch weniger als die Hälfte an Eisenoxyd, als in dem Epidot vom Rothenkopf bestimmt wurde und steht in dieser Beziehung selbst unzweifelhaft reinen Zoisiten nach, in welchen, wie in dem weiter unten beschriebenen Zoisit vom Gerner Gletscher, über 2 %  $Fe_2O_3$  vorhanden sein können.

Der Habitus der Krystalle ist derjenige des Epidots, ziemlich langprismatisch nach der  $b$ -Axc. Hauptsächlich kann man zwei verschiedene Typen unterscheiden, welche in Fig. 10 und 11 auf Taf. III zur Darstellung gebracht sind. Die einen sind entweder taflig nach  $T$  oder prismatisch durch das Vorherrschen von  $MT$ , neben welchen stets nur wenige Formen der Orthodomenzone, gewöhnlich  $e$  und  $r$ , als schmale Abstumpfungen auftreten, wie dies Fig. 11 darstellt. Die orthodiagonale Zone dieser Krystalle weist stets sehr vollkommen spiegelnde Flächen auf; unter den Endflächen herrscht  $n$  bedeutend vor. Der andere Typus hat mehr gerundeten Querschnitt und zeigt stets zahlreichere, aber stark gestreifte Formen der ortho-

diagonalen Zone: unter diesen wurde in mehreren Fällen eine breit entwickelte, dem Orthopinakoid sehr naheliegende, aber stark gestreifte Form beobachtet, für welche aus den sehr nahe übereinstimmenden Messungen des deutlichsten Reflexes an zwei verschiedenen Krystallen das Symbol (13.0.1) berechnet wurde; die Messungen variirten zwischen  $60^{\circ}40'$  und  $60^{\circ}50'$  für den Winkel (100):(13.0.1). Ob diese Form, welche ich in dem natürlichen Verhältniss in der Fig. 14 darstellte und mit *II* bezeichnete, thatsächlich mit den übrigen gleichwerthig ist, will ich dahingestellt lassen. Ich habe sie in der Abbildung nur deshalb aufgenommen, weil dadurch der Habitus dieser Krystalle besser getroffen wird. Die Endausbildung derselben zeigt häufig neben den Flächen von *n* noch eine  $\bar{z}$ -Fläche stark entwickelt, während die andere sehr untergeordnet aufzutreten pflegt.

Die Krystalle sind theils Zwillinge, theils erscheinen sie einfach; aber auch in den letzteren findet man oft genug bei optischen Untersuchungen Störungen der Interferenzbilder, welche nur auf eingelagerte Zwillinglamellen zurückgeführt werden können. Bemerkenswerth erscheint, dass die Spaltbarkeit nach *M* in dem Klinozoisit noch viel vollkommener erscheint, als im gewöhnlichen Epidot und etwa denselben Grad besitzt, wie diejenige nach *b* im Zoisit.

Beobachtet wurden die Formen:  $T = \{100\}$ ,  $i = \{001\}$ ,  $M = \{\bar{1}01\}$ ,  $r = \{101\}$ ,  $l = \{301\}$ ,  $\rho = \{\bar{3}01\}$ ,  $u = \{111\}$ ,  $b = \{133\}$ ,  $z = \{210\}$ ,  $u = \{410\}$ ,  $o = \{\bar{1}11\}$ ,  $h = \{\bar{2}12\}$ , sodann an den Krystallen mit gestreifter Orthodomenzone  $f = \{401\}$  und  $II = \{13.0.1\}$ .

Die Vermuthung, dass diese eisenarmen Glieder der Epidotreihe sich in ihrem Axenverhältniss von den eisenreicheren wesentlich unterscheiden, findet in den thatsächlichen Verhältnissen keine Bestätigung; die besten Messungen an den Krystallen von Klinozoisit stimmen mit denjenigen von Epidot so nahe überein, dass man das für diesen berechnete Axenverhältniss auch als das bei jenem gültige annehmen muss. Im Folgenden habe ich die Mittelwerthe der wichtigsten Winkel zusammengestellt, welche meine Messungen an sechs Krystallen, je dreien von beiden Typen, ergaben, die, wie aus der daneben gestellten Reihe der für den Epidot berechneten Werthe hervorgeht, recht gute Uebereinstimmung mit diesen besitzen.

|                             | Gemessen                   | Berechnet:      |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------|
| $T : i = (100):(001) =$     | $84^{\circ} 6\frac{1}{2}'$ | $84^{\circ} 3'$ |
| $T : M = (100):(\bar{1}01)$ | 64 36                      | 64 36           |
| $T : e = (100):301)$        | 30 1                       | 29 54           |
| $T : II = (100):(13.0.1)$   | 6 45                       | 6 48            |
| $T : f = (100):\{401\}$     | 16 57                      | 16 48           |
| $T : l = (100):(301)$       | 25 30                      | 25 57           |
| $T : r = (100):(101)$       | 54 24                      | 54 42           |

|   | Gemessen | Berechnet.      |
|---|----------|-----------------|
| $T : z = (100) : (\bar{2}10) = 55^{\circ} 1'$     |          | $55^{\circ} 0'$ |
| $M : z = (\bar{1}01) : (\bar{2}10) = 75 46$       |          | $75 45$         |
| $T : u = (100) : (\bar{4}10) = 36 \text{ ca.}$    |          | $36 32$         |
| $T : n = (100) : (\bar{1}11) = 69 3$              |          | $69 4$          |
| $P : n = (010) : (\bar{1}11) = 35 6$              |          | $35 43$         |
| $T : b = (100) : (\bar{1}33) = 79 55$             |          | $79 53$         |
| $T : o = (100) : (\bar{1}1\bar{1}) = 77 24$       |          | $77 3$          |
| $M : o = (\bar{1}01) : (\bar{1}11) = 58 39$       |          | $58 29$         |
| $T : k = (100) : (\bar{2}1\bar{2}) = 70 28$       |          | $70 35$         |
| $M : k = (\bar{1}01) : (\bar{2}1\bar{2}) = 39 18$ |          | $39 12$         |

Der Klinozoisit weist ganz analogen Pleochroismus auf wie der Epidot vom Rothenkopf, nur ist die Färbung sehr viel lichter als in dem letzteren Vorkommniß; erst in dickeren Platten erhält man genau dieselben Farben in der gleichen Orientirung.

Auch an diesem Mineral wurden die optischen Constanten bestimmt und zwar in derselben Weise wie beim Epidot vom Rothenkopf; es diente dazu ein Krystall des ersten Typus mit spiegelnder  $\{100\}$ -Fläche von etwas über  $2\text{mm}^2$  Grösse. Die Bestimmungen ergaben:

$$\alpha = 1,7176, \quad \beta = 1,7195, \quad \gamma = 1,7232, \\ \gamma - \alpha = 0,0056.$$

Der Axenwinkel um die positive Bisectrix wurde gemessen:

$$2V_{Li} = 80^{\circ} 50', \quad 2V_{Na} = 81^{\circ} 40', \quad 2V_{Ti} = 83^{\circ} \text{ ca.}$$

Die Auslöschungsschiefe im  $Na$ -Lichte betrug:  $a : c = 2^{\circ} \text{ ca.}$  nach vorn, im weissen Lichte zeigte sich die starke Dispersion der Bisectricen durch einen deutlichen Farbenwechsel von tiefgelb zu eisenblau an Stelle der Auslöschung. Auch hier erfolgt die Dispersion der optischen Axen beiderseits in gleicher Weise und zwar  $v > q$  um die positive Bisectrix, aber die eine derselben weist noch stärkere Dispersion auf, als dies beim Epidot vom Rothenkopf der Fall war.

Endlich wurde auch das specifische Gewicht des Klinozoisits bestimmt, welches zu 3,3720 bei  $18^{\circ}$  auf demselben Wege wie bei dem vorigen Vorkommniß ermittelt wurde.

### 3. Zoisit vom Gorner Gletscher bei Zermatt.

Das mir vorliegende Material zeigt den Zoisit in der gewöhnlichen Ausbildung in grobstengligen bis strahligen Massen von lichtgrüner Farbe mit sehr vollkommener Spaltbarkeit in Nestern im Amphibolit; der Zoisit wird umhüllt von derbem Quarz und körnigem Kalkspath, gegen welche letzteren

er häufig Endausbildung erkennen lässt. Zumal die kleineren Individuen, welche durch Weglösung des Calcits freigelegt wurden, sind von ausgezeichneter Beschaffenheit, dabei vollständig klar durchsichtig und frisch, weshalb sich auch das Material besonders zu chemischen und optischen Untersuchungen eignete. Die kleinsten der Krystalle sind fast farblos, etwas grössere zeigen eine schön lichtgrüne Färbung und lassen deutlichen Pleochroismus erkennen, während dagegen die grobstengligen Particlen wie gewöhnlich graulichgrün und trübe sind und Einschlüsse in grosser Zahl beherbergen. Die Spaltbarkeit nach  $b = \{100\}$  ist eine höchst vollkommene, die Fläche zeigt stets lebhaften Perlmutterglanz, diejenige nach  $a = \{001\}$  tritt dagegen sehr in den Hintergrund.

Eine Analyse dieses Zoisits wurde mit reinstem Material vor mehreren Jahren von dem Chemiker des k. bayer. gegnost. Bureaus Herrn Dr. A. d. Schwager ausgeführt, deren Resultat folgendes war :

|           |        |
|-----------|--------|
| $SiO_2$   | 39,34  |
| $Al_2O_3$ | 32,48  |
| $Fe_2O_3$ | 2,78   |
| $CaO$     | 23,07  |
| $MgO$     | 0,22   |
| $H_2O$    | 2,54   |
|           | 100,40 |

Die Wasserbestimmung wurde auf directem Wege ausgeführt. Eine zweite Bestimmung bei starker Rothgluth führte zu der Zahl 2,62. Ein geringer Theil des Eisens dürfte als Oxydul vorhanden sein, da die Summe der Monoxyde etwas zu niedrig ausgefallen ist; eine Probe auf dasselbe hatte ein negatives Resultat, welches aber bei der geringen Substanzmenge (0,0388 g) kaum als beweisend angesehen werden kann. Immerhin erscheint der Gehalt an Eisenoxyd für einen Zoisit etwas hoch, doch kann bei der vollkommenen Klarheit des angewandten Materials derselbe nicht auf Verunreinigungen zurückgeführt werden, sondern gehört dem Mineral selbst an. Die eigenthümliche blässbläulich grüne Färbung des Minerals hängt vielleicht mit einer Spur  $Cr_2O_3$  zusammen, welche quantitativ nicht bestimmt werden konnte.

Der Habitus der Krystalle ist in Fig. 8 und 9 dargestellt. Beobachtet wurden  $m = \{101\}$ ,  $q = \{102\}$ ,  $a = \{001\}$ ,  $b = \{100\}$  (letztere Form scheint, wo sie grösser entwickelt ist, stets durch Spaltung entstanden zu sein),  $o = \{111\}$ ,  $u = \{210\}$  und  $v = \{211\}$ ; gewöhnlich ist, wenn letzteres auftritt, auf  $o$  und  $v$  eine starke Streifung parallel zu ihrer Combinationskante vorhanden, durch welche die Messungen sehr ungenau werden, besser ist die Ausbildung von  $o$ , wenn  $v$  völlig fehlt oder an Stelle desselben  $u$  auftritt; dann sind die Flächen von  $o$  lebhaft spiegelnd und

geben gute Reflexe, wenn auch sehr häufig zahlreiche rundliche Vertiefungen in denselben auftreten, wie sie gewöhnlich beobachtet werden, wo Krystalle von Silicaten in körnigem Kalk eingewachsen sind. Die Flächen der Zone der Makrodiagonale zeigen zum Theil ganz vorzügliche Beschaffenheit,  $u$  ist stets nur klein und nicht sehr glänzend, trotzdem erscheint die Uebereinstimmung der gemessenen Werthe mit dem berechneten als eine befriedigende. Die Ergebnisse der Beobachtungen des Herrn Dr. Grünling an sechs zum Theil beiderseits ausgebildeten Krystallen, sowie der von mir selbst an zwei solchen angestellten Messungen sind in folgender Tabelle zusammengestellt. Ihre Uebereinstimmung mit den berechneten Werthen, welche aus dem von Tschermak aufgestellten Axenverhältnisse abgeleitet sind, ist eine sehr gute.

|  | Gemessen : | Berechnet        |
|--|------------|------------------|
| $m : b = (101) : (100) = 58^{\circ} 14'$ |            | $58^{\circ} 13'$ |
| $b : b = (101) : (10\bar{1})$            | 63 32      | 63 34            |
| $b : q = (101) : (102)$                  | 44 30      | 44 34            |
| $b : o = (100) : (111)$                  | 73 20      | 73 18            |
| $o : o = (111) : (11\bar{1})$            | 55 44      | 55 46            |
| $m : o = (101) : (111)$                  | 56 58      | 56 56            |
| $b : v = (100) : (211)$                  | 58 ca.     | 59 2             |
| $b : u = (100) : (210)$                  | 55 24      | 55 33            |

Der Pleochroismus ist an den kleinsten Krystallen nicht wahrnehmbar, erst bei einer Dicke von über 4 mm beobachtet man  $a = c$  bläulichgrün,  $b$  licht weingelb.

Zur Bestimmung der Lichtbrechung wurde eine vollkommen spiegelnde Fläche von  $\{101\}$  verwendet, welche aber in Folge ihrer Kleinheit ( $1\frac{1}{2}$  mm<sup>2</sup>) und in Folge des später zu besprechenden complicirten Aufbaues des Krystalles nicht sehr vollkommene Bestimmungen gestattete. Es wurde gefunden:

$$\alpha = 1,6973, \quad \beta = 1,7002, \quad \gamma = 1,7064,$$

$$\gamma - \alpha = 0,0088.$$

Die Lichtbrechung sowohl als die Doppelbrechung erscheinen für Zoisit etwas hoch, ebenso wie das nach der früher besprochenen Methode bestimmte spezifische Gewicht, welches genau gleich demjenigen des Kliozoisis von der Goslerwand zu 3,3720 bei 18° gefunden wurde. Der verhältnissmässig hohe Gehalt an Eisenoxyd, welchen die Analyse aufweist, dürfte als Erklärung dieser Erscheinungen dienen, so dass also beim Zoisit ganz analog wie beim Epidot mit einer Zunahme des Gehaltes an Eisenoxyd Lichtbrechung und Doppelbrechung ansteigen. Die Beobachtung orientirt geschliffener Platten des Minerals im convergenten Lichte ergab die beim Zoisit gewöhnliche Erscheinung, dass die Platten sich nicht einheitlich ver-

halten, sondern aus Theilen zusammengesetzt sind, in welchen die Ebenen der optischen Axen um  $90^\circ$  gegen einander gedreht sind. Dies suchte bekanntlich Tschermak dadurch zu erklären, dass er die einzelnen Theile als in Zwillingstellung befindlich ansah, und zwar sollte eine Fläche von {314} die Zwillingsebene und eine Fläche von {104} oder {404} die Verwachsungsebene sein.

Ich selbst beobachtete an den Krystallen von Zoisit vom Gornergletscher Folgendes: Die kleinsten Kryställchen, welche man aus dem Calcit herauspräpariren kann, sind optisch meist vollkommen einheitlich; die spitze Bisectrix ist  $c = c$ , ferner ist  $a = b$ , also Axenebene {100}, Austritt der spitzen Bisectrix auf {001}; der scheinbare Axenwinkel ist etwa  $90^\circ$ , die Dispersion stark  $v > \rho$ . An mehreren der kleinen Nadeln, viel häufiger aber in den etwas grösseren Krystallen beobachtet man einzelne unregelmässig begrenzte Partien, welche schon im parallelen polarisirten Lichte durch bedeutend schwächere Doppelbrechung gegenüber der Hauptmasse kenntlich sind, und in welchen die Axenebene eine gegen die erste gekreuzte Lage besitzt. Auch hier ist die erste Bisectrix  $c = c$ , aber  $a = a$ , die Axenebene liegt in {010}. Die Beobachtung im convergenten Lichte zeigt ferner, dass diese letzteren Partien die umgekehrte Dispersion  $\rho > v$  aufweisen und dass der Axenwinkel viel kleiner ist als in dem Haupttheile. Es wurde mehrfach  $2E = 50^\circ$  ca. gemessen. Die Dispersion der optischen Axen ist auch in dieser Lage stark, doch konnte ich mich nicht vollständig von ihrer rhombischen Symmetrie überzeugen, mehrfach glaubte ich deutlich geneigte Dispersion wahrnehmen zu können.

Die Annahme einer Zwillingbildung bleibt durch die sehr verschiedenen optischen Eigenschaften der beiden Theile ausgeschlossen, es handelt sich hier jedenfalls um eine Verwachsung optisch verschieden beschaffener Substanzen, deren gegenseitiges Verhältniss aufzuklären aber nicht gelang. Das Wahrscheinlichste dabei ist, dass es gelingt, durch Aenderung der physikalischen Bedingungen, etwa der Temperatur, die eine in die andere überzuführen, da die Verhältnisse derselben immerhin grosse Analogie mit den zwischen Orthoklas und Sanidin bestehenden darbieten. Leider konnte ich diese Frage nicht weiter verfolgen, da mir augenblicklich die entsprechenden Erwärmungsapparate nicht zur Verfügung standen. Möglich ist ja immerhin auch ein chemischer Unterschied zwischen den verschiedenen orientirten Theilen, welchen aufzudecken aber kaum möglich sein dürfte.

#### 4. Zoisit von der Kleinitz bei Prägraten.

In der obersten Terrasse des bei Prägraten, an Südfusse des Gross-Venedigermassivs, in das Iselthal mündenden Tümmelbachthales, der sogenannten Kleinitz, ist Zoisit ein sehr weit verbreitetes Mineral. Die dort

auf tretenden Gesteine gehören in der Hauptsache der Reihe der Eklogite und Amphibolite an, welche hier wohl durch die contactmetamorphische Einwirkung des benachbarten Centralgranites entstanden sind. Häufige Nester von körnigem Quarz finden sich in denselben und in diesem ist oft sehr grobstengelig Zoisit von graugrüner Farbe vorhanden. Doch ist derselbe gewöhnlich matt und trübe. Nur in einer etwa handbreiten, diesem System eingelagerten Schicht, welche durch ihren Reichthum an Chrom und Titan ausgezeichnet ist, erscheint der Zoisit hin und wieder in Carbonate eingewachsen, und man kann hier durch Weglösen des dem Braunspath nabestehenden Carbonates vollständig wasserklare Nadeln isoliren, welche zum meist tafelig nach *a* sind und daneben noch glänzende, aber oft sehr schmale Flächen von *m* erkennen lassen, mit welchen auch die Flächen von *a* alterniren. An einem einzigen derartigen Nadelchen von sehr geringer Grösse wurde eine Endausbildung durch die vier Flächen von *o* beobachtet, welche aber in Folge ihrer löcherigen Beschaffenheit und ihrer geringen Dimensionen gute Messungen nicht zulassen.

Die grösseren Stengel dieses Vorkommnisses sind von smaragdgrüner Farbe, die kleinen Nadelchen sehr licht, aber immer noch deutlicher gefärbt als diejenigen vom Gerner Gletscher. Die Spaltbarkeit des Minerals zeigt die gewöhnliche Ausbildung.

Von diesem Zoisit konnte eine grössere Menge vollkommen reinen Materials ausgelesen werden, von welchem durch die freundliche Vermittelung des Herrn Prof. Muthmann und unter dessen Leitung eine quantitative Analyse von Herrn Cand. chem. Nagel im hiesigen chemischen Laboratorium ausgeführt wurde. Der Wassergehalt wurde dabei auf directem Wege durch Aufschliessen des gepulverten Minerals mit Bleichromat im Sipöczy'schen Ofen bestimmt, bei der übrigen Analyse nach den gewöhnlichen Methoden verfahren. Das Resultat war:

|           |        |
|-----------|--------|
| $SiO_2$   | 39,42  |
| $CaO$     | 24,25  |
| $Al_2O_3$ | 33,23  |
| $Cr_2O_3$ | 0,44   |
| $Fe_2O_3$ | 4,07   |
| $H_2O$    | 2,11   |
|           | 100,49 |

Der geringe Chromgehalt dieses Zoisits erklärt seine smaragdgrüne Farbe und es stimmt das Aussehen wie die Paragenesis dieses Minerals vollständig überein mit dem von Breithaupt<sup>1)</sup> beschriebenen chromhaltigen Zoisit aus der Rauris.

1) Breithaupt. Mineralogische Studien. Leipzig 1866, S. 37.

Das Mineral besitzt die gewöhnlichen optischen Eigenschaften des Zoisits, zu genauen Messungen aber erschien es noch weniger geeignet als das Vorkommniß vom Gorner Gletscher, weshalb von diesen abgesehen wurde. Der Pleochroismus ist hier  $a = c$  bläulichgrün,  $b$  lichtorange.

Ebenso wie bei dem anderen Vorkommniß von Zoisit sind auch bei diesem die kleinsten Nadeln stets einheitlich, Axenebene in  $\{100\}$ , Austritt der spitzen positiven Bisectrix auf  $\{004\}$ ; und ebenso wie dort findet man in den grösseren Krystallen unregelmässig begrenzte Partien, in welchen die Axenebene in  $\{040\}$  liegt. In denjenigen Theilen, welche die Ebene der optischen Axen in  $\{100\}$  aufweisen, ist die Dispersion stark  $v > q$  und der scheinbare Winkel der Axen für mittlere Farben etwa  $80^{\circ}$ — $85^{\circ}$ ; also jedenfalls etwas kleiner als in dem anderen Vorkommniß. Die Partien mit zu dieser senkrechter Lage der Axenebene zeigen ebenfalls einen etwas kleineren Axenwinkel (zu etwa  $45^{\circ}$  bestimmt),  $q > v$  und schwächere Doppelbrechung als die zuerst besprochenen Theile.

Es liegt also auch hier wieder dasselbe Verhältniß vor wie bei der anderen Varietät, das durch Zwillingsbildung absolut nicht erklärt werden kann.

Das spezifische Gewicht wurde nach der mehrfach erwähnten Methode zu 3,3440 bei  $18^{\circ}$  bestimmt, ist also niedriger als in dem eisenoxydreicheren Vorkommniß vom Gorner Gletscher.

Aus diesen Untersuchungen folgt vor allem, dass sich das Axenverhältniß des Epidots mit dem Eisengehalte nicht merklich ändert und dass die Mineralien Epidot und Zoisit im Verhältnisse der Dimorphie zu einander stehen, indem in dem Klinozoisit ein Glied der monoklinen Epidotreihe nachgewiesen wurde, welches mit Gliedern der rhombischen Reihe des Zoisits chemisch vollständig übereinstimmt.

Die Krystalle des Zoisits kann man, was Habitus, Form und Spaltbarkeit betrifft, vollkommen durch vielfach wiederholte Zwillingsbildung aus denjenigen des Epidots ableiten, wobei die gegenseitigen Beziehungen der beiden Mineralien direct hervortreten, wenn man die gegenwärtig angenommene  $c$ -Axe des Zoisits als dessen  $b$ -Axe, die  $b$ -Axe als  $a$ -Axe aufstellt und beim Epidot die Form  $i = \{102\}$  zur Basis macht, wie dies im Obigen durchgeführt wurde. Aber die Mallard'sche Theorie in ihrer Anwendung auf diese dimorphe Gruppe ist nicht im Stande, eine Erklärung für die beobachteten optischen Erscheinungen zu geben, die vollkommene Uebereinstimmung der äusseren Form findet in dem Verhältnisse der optischen Eigenschaften keine Bestätigung, so dass die Analogie der Epidot-Zoisitgruppe mit der Feldspathgruppe doch nur eine sehr unvollkommene ist.

Was die optischen Eigenschaften der Mineralien der Gruppe betrifft, so ist in allen monoklinen Gliedern die Symmetrieebene die Ebene der

optischen Axen, während dagegen in den hauptsächlichsten Partien der Zoisitkrystalle  $\{100\}$  Axenebene ist und nur in untergeordneten Theilen eine Lage derselben in  $\{010\}$  beobachtet wird. Aber auch diese letzteren Stellen zeigen ein abweichendes Verhalten von demjenigen des Epidots. Alle Epidote haben um die negative Bisectrix die Dispersion  $\rho > v$ ; dieselbe Dispersion, nur in stärkerem Maasse, weist der Zoisit in denjenigen Partien auf, in welchen die Axenebene parallel zum Makropinakoid liegt, die entgegengesetzte da, wo die Lage der Axenebene derjenigen im Epidot entspricht.

Beim Epidot ist mit abnehmendem Gehalt an  $Fe_2O_3$  eine sonst in isomorphen Reihen ganz ungewöhnlich starke Abnahme der Lichtbrechung wie der Doppelbrechung verbunden, von  $\beta = 1,75734$  im eisenreichen Epidot von der Knappenwand bis  $\beta = 1,7495$  im eisenarmen Klinozoisit von der Goslerwand, von  $\gamma - \alpha = 0,056$  im jedenfalls eisenreichen Epidot von Groix bis  $\gamma - \alpha = 0,0056$  im Klinozoisit. Gleichzeitig wird der optische Axenwinkel um die negative Bisectrix bedeutend vergrössert, von den optisch negativen, eisenreichen Epidoten mit  $2V = 73^\circ$  zum optisch positiven Klinozoisit, in welchem der stumpfe Axenwinkel etwa  $108^\circ$  beträgt. Auch die Richtung der optischen Elasticitätsaxe verschiebt sich ein wenig von  $a:c = 3\frac{1}{2}^\circ$  nach hinten im eisenreichsten Epidot zu  $1\frac{1}{2}^\circ - 2^\circ$  nach vorn im Klinozoisit. Ferner scheint auch die Farbe und namentlich die Stärke der Absorption mit dem Eisengehalt zusammenzuhängen; die eisenreichen Epidote besitzen tiefgrüne und braune Farben und hin und wieder eine Absorption, welche ihre Verwendung zu Polarisationsapparaten ermöglicht, der eisenarme Klinozoisit ist sehr licht gefärbt und zeigt so gut wie gar keine Absorptionsunterschiede. Die exacte Bestimmung dieses gesetzmässigen Zusammenhanges zwischen den optischen Eigenschaften und der chemischen Zusammensetzung, für welche keine Gruppe von Mineralien so bedeutende Aenderungen darbietet, wird aber geradezu unmöglich gemacht durch die Eigenschaft des Epidots, kaum jemals in einheitlichen Krystallen aufzutreten. Aeusserst verschieden zusammengesetzte Schichten wechseln an einem und demselben Krystall mit einander ab und sind in verschiedenen Krystallen desselben Vorkommnisses in so verschiedenen Verhältnissen mit einander verwachsen, dass kaum je zwei Analysen desselben Vorkommnisses, kaum je zwei optische Bestimmungen an Krystallen desselben Fundortes übereinstimmen. Als Beispiel möge der so vielfach untersuchte Epidot von der Knappenwand im unteren Sulzbachthal am Gross-Venediger dienen. Die sechs von diesem Vorkommniss ausgeführten Analysen, welche Hintze zusammenstellte, geben Werthe für  $Fe_2O_3$  zwischen  $12,34\%$  und  $16,00\%$  an, und die Bestimmung der Doppelbrechung des Minerals durch Klein führte zu  $\gamma - \alpha = 0,037$ , während dieselbe von Ramsay zu durchschnittlich  $0,050$  bestimmt wurde. Ganz ähnlich scheinen

die Verhältnisse zwischen den kürzlich von Forbes veröffentlichten und den von mir ausgeführten chemischen und optischen Bestimmungen zu liegen, wie aus folgender Tabelle hervorgeht.

| Epidot von        | $Fe_2O_3$ | $\alpha_{Na}$ | $\beta_{Na}$ | $\gamma_{Na}$ | $\gamma - \alpha$ | $2V_{Na}$ über $\alpha$ |
|-------------------|-----------|---------------|--------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Rothenkopf (gelb) | 6,97      | 1,720         | 1,7245       | 1,7344        | 0,0144            | 87° 46'                 |
| Huntington        | 5,67      | 1,714         | 1,716        | 1,724         | 0,010             | 90 32                   |
| Rothenkopf (roth) | 3,52      | 1,7238        | 1,7291       | 1,7343        | 0,0105            | 89 16                   |
| Goslerwand        | 1,68      | 1,7176        | 1,7195       | 1,7232        | 0,0056            | 118 20                  |

Eine exacte Ableitung des vermutheten gesetzmässigen Zusammenhanges zwischen Eisengehalt und optischen Eigenschaften ist nach dieser Zusammenstellung nicht möglich, nur in allgemeinen Umrissen ergibt sich die Wahrscheinlichkeit des angenommenen Satzes.

Noch weniger deutlich sind die Verhältnisse beim Zoisit, bei welchem aber Aehnliches der Fall zu sein scheint, wenigstens weist darauf die verhältnissmässig hohe Licht- und Doppelbrechung hin, welche ich am Zoisit vom Gerner Gletscher beobachtete.

Der Wechsel in der Lage der Axenebene in den verschiedenen Theilen eines und desselben Zoisitkrystalles ist eine sehr auffallende Erscheinung; mit Zwillingbildung darf derselbe in den von mir untersuchten Zoisiten aber keinesfalls erklärt werden, da die beiden Theile der Krystalle ganz verschiedene optische Beschaffenheit zeigen. Ob zwischen denselben ein analoger Zusammenhang vorhanden ist, wie zwischen Orthoklas und Sanidin, oder ob chemische Differenzen die Erscheinung hervorrufen, konnte nicht entschieden werden. Jedenfalls aber ist nach meinen Erfahrungen in denjenigen Krystallen, welche einheitlich sind, die Lage der Ebene der optischen Axen stets in  $b$ ; eine dazu senkrechte findet sich nur in einzelnen Partien innerhalb von Krystallen, welche in ihrem Haupttheile die normale Lage aufweisen.

Was nun endlich die Unterscheidung von Epidot und Zoisit betrifft, so ist dieselbe nach obigen Ausführungen gar nicht leicht, wenn es sich um Vorkommnisse handelt, welche keine krystallographische Messung zulassen. Die Untersuchung der Spaltblättchen von Zoisit und Klinozoisit giebt im Allgemeinen ein entscheidendes Resultat nicht, da im Klinozoisit beide Axen sehr schief zur vollkommenen Spaltfläche stehen, welche beim Zoisit parallel zur Axenebene oder senkrecht zur zweiten Bisectrix ist. Noch weniger ist durch das specifische Gewicht eine Trennung beider zu bewerkstelligen, da in dieser Beziehung kaum nennenswerthe Unterschiede zwischen Zoisit und Klinozoisit vorhanden sind; doch scheint bei gleicher Zusammensetzung das specifische Gewicht des Zoisits um einige Einheiten der dritten Decimale unter dem des Klinozoisits zu liegen. In der Lichtbrechung beider Mineralien ist wohl ein Unterschied vorhanden, bei gleicher Zu-

Zusammensetzung vielleicht zwei Einheiten der zweiten Decimale, aber man wird bei gewöhnlichen Mineralbestimmungen nur selten Gelgenheit haben, dieselbe genau messen zu können.

Was endlich die Doppelbrechung betrifft, so scheint bei gleich zusammengesetzten monoklinen und rhombischen Gliedern dieselbe so gut wie gleich zu sein, so dass auch das keinen Anhaltspunkt gewährt.

Im Allgemeinen wird somit nur eine sehr eingehende Untersuchung, vor allem genaue Messungen der Lichtbrechung und des Winkels der optischen Axen, die Unterscheidung derber Vorkommnisse von Klinozoisit und Zoisit ermöglichen, und es ist daher zu erwarten, dass das erstere Mineral aus den bis jetzt zu dem letzteren gestellten Vorkommnissen mannigfache Vermehrung erfährt.

Für petrographische Untersuchungen liegen die Verhältnisse insofern etwas günstiger, als hier gewöhnlich neben einander sehr verschieden orientirte Durchschnitte zur Verfügung stehen, und ferner die kleinen Krystalle des Zoisits meinen Erfahrungen nach einen einfacheren Bau besitzen, als dies bei den grösseren der Fall ist. Man wird überall da, wo in den mikroskopischen Individuen die Axenebene parallel zur Spaltung liegt, Zoisit vor sich haben, und wenn die Lage derselben quer zu den Rissen erkannt wird, auf das Vorhandensein von Klinozoisit schliessen dürfen, wenn nicht die Dispersion um die positive Mittellinie  $\rho > v$  zusammen mit kleinerem Axenwinkel die Zugehörigkeit des Durchchnittes zu den anomalen Theilen eines Zoisits beweist.

München, Mineralogisches Institut, Februar 1896.