

IX. Bestimmung der Doppelbrechung für verschiedene Farben an einigen Mineralien.

Von C. Hlawatsch.

(Mit 2 Tafeln und 10 Textfiguren.)

I. Vesuvian.

Literatur.

1. Biot: Mémoire sur la polarisation lamellaire. Lut à la séance du 31 Mai 1841; Mémoires de l'académie royale des sciences de l'Institut de France, XVIII.
2. Brauns R.: Die optischen Anomalien der Krystalle. Leipzig, S. Hirzel, 1891.
3. Brewster D.: Die zahlreichen wichtigen Arbeiten dieses Autors sind, soweit sie hier in Betracht kommen, in ausgezeichneter Weise in den Werken von Biot, Brauns, Herschel, Klein etc. referirt.
4. Brezina A.: Grundform des Vesuvians. — Miner.-petrogr. Mittheil. 1877, 98.
5. Descloizeaux, Nouvelles Recherches sur les propriétés optiques des cristaux. Paris 1857, 13.
6. Ditscheiner: Ueber die Anwendung der optischen Eigenschaften in der Naturgeschichte anorganischer Naturproducte. — Sitzb. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien. Math.-naturw. Cl. XCIII, 1860, 229 u. f.
7. Dufet H.: Sur les propriétés optiques de mélanges des sels isomorphes. — Bull. d. l. Soc. Mm. d. Fr. III, 180—188.
8. Fock A.: Ueber die Aenderung der Brechungsexponenten isomorpher Mischungen mit der chemischen Zusammensetzung. — Zeitschr. f. Kryst., IV, 583.
9. Herrmann: Ueber das Vorkommen und die Zusammensetzung der sibirischen Vesuviane. — Journ. f. prakt. Chemie, XLIV, 198.
10. Herschel J. W.: On the action of crystallized bodies on homogenous light and on the causes of the deviation from Newton's scale in the tints. — Philos. Transact. of the Roy. Soc. of London, 1820.
11. Ders.: The light (Vom Licht; Uebersetzung von Dr. J. C. E. Schmidt. Stuttgart, J. G. Cotta, 1831).
12. Jannasch P. und Weingarten: Ueber die chemische Zusammensetzung und die Constitution des Vesuvians. — Zeitschr. f. anorg. Chemie, 1895, 8, 357 bis 359, und 1896, 11.
13. Jannasch P.: Die Auffindung des Fluors im Vesuvian vom Vesuv. — N. Jahrb. f. Min. 1883, II, 132.
14. Klein C.: Ueber Apophyllit. — Dies. Zeitschr. 1892, II, 173.
15. Ders.: Optische Studien am Granat, Vesuvian, Pennin und Klinochlor. — Sitzber. d. phys.-math. Classe d. kgl. preuss. Akad. d. Wiss., XXXIV.

16. Klocke F.: Ueber ein optisch analoges Verhalten einiger doppeltbrechender regulärer mit optisch zweiaxig erscheinenden tetragonalen Krystallen. — N. Jahrb. f. Min., 1880, I, 249.
17. Ders.: Ueber einige optische Eigenschaften optischer anomaler Krystalle und deren Nachahmung durch gespannte und gepresste Colloide. — N. Jahrb. f. Min., 1880, II, 204
18. La croix A.: Guide des Excursions du VIII. Congr. géol. Internat. III. Pyrénées (Roches cristallines). Paris 1900.
19. Lassauly A. v.: Idokras von Gleinitz und dem Johnsberge bei Jordansmühl. — Zeitschr. f. Kryst., IV, 171.
20. Ludwig und Renard, Deux analyses d'idocrase. — Bull. d. mus. Roy. d'hist. nat. d. Belg. I. 1882, Refer. Zeitschr. f. Kryst., XI, 111.
21. Mallard Ern.: Sur les propriétés optiques de mélanges de substances isomorphes et sur les anomalies optiques des cristaux. — Bull. d. l. Soc. min. d. Fr. III, 3—20.
22. Ders.: Explication des phénomènes optiques anomaux que présentent un grand nombre de substances cristallisées. — Ann. d. Min. 7, X, 60—196, separ. b. Dunod, Paris 1876.
23. Ders.: Traité de cristallographie, II, 401—406, Paris, Dunod, 1884.
24. Munteanu-Murgoci G.: Ueber die Einschlüsse von Granat-Vesuvianfels in dem Serpentin des Paringu-Massivs. — Bull. de Soc. d. Scienc. à Bukarest, IX, 1900, 61—62.
25. Prendel R.: Ueber den Wiluit. — Abhandl. d. naturforsch. Gesellsch. in Neurussland, 1888, 12, 2, 1—50. Refer. Zeitschr. f. Krystall. XVII, 95—97.
26. Pulfrich C.: Ueber Dispersionsbestimmung nach der Totalreflexionsmethode mittels mikrometrischer Messung. — Zeitschr. f. Instrumk., 1893, 7.
27. Rammelsberg, Ueber die chemische Zusammensetzung des Vesuvian. — Pogg. Ann. 94, 1855, 92.
28. Ders.: Beiträge zur chemischen Kenntnis des Vesuvian. — Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1886, 38, 510.
29. Rosenbusch H.: Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien. III. Aufl., 1892, 366.
30. Sénarmont, Recherches sur les propriétés optiques biréfringentes de corps isomorphes. Ann. d. Chimie et Phys. 1851, 33.
31. Sismonda: Analyse d'une idocrase violette de la vallée d'Ala. — Mem. d. R. Acc. d. Torino. XXXVII, Sitz. v. 27. Mai 1832.
32. Viola C.: Ueber einige im mineralogischen Institute zu München ausgeführte Untersuchungen. Zeitschr. f. Kryst., XXX, 439.
33. Ders.: Feldspathstudien. Dies. Zeitschr. XXXII, 312—314.
34. Vogel Johann: Ueber die chemische Zusammensetzung des Vesuvians. — Inaug.-Dissert., Göttingen 1887.
35. Weibull: Studien über Vesuvian. — Zeitschr. f. Kryst., XXXV, 1896, 26, 35.
36. Wülfing E.: Apparat zur optischen Untersuchung der Mineralien und neue optische Bestimmungen am Diamant und Eisenglanz. — Min.-petrogr. Mitth. 15, 49—76.
37. Zepharovich, V. v.: Krystallographische Studien über den Idokras. — Sitzber. d. Akad. d. Wiss. in Wien; mathem.-naturw. Classe, XLIX, pag. 51.

Die Bestimmung der Doppelbrechung mittelst des Compensationsoculares von Babinet setzt voraus, dass der Compensationsstreif im gewöhnlichen Lichte seiner Lage nach erkannt wird und dann erst die genauere Untersuchung im monochromaten Lichte vorgenommen wird. Mallard hat bereits, den Untersuchungen Cornu's folgend, die Möglichkeit einer Verwechslung eines der anderen Interferenzstreifen mit dem Compensationsstreifen bei Mineralen von starker Dispersion der Doppelbrechung betont und hiefür die Gleichungen entwickelt. (23) Insbesondere sagt er, wird dies dort der Fall sein, wo die Doppelbrechung an und für sich gering, also die Differenz der Cauchy'schen Constanten $A - A'$ sehr klein ist. Dies ist auch bei einigen Mineralen thatsächlich schon in gewöhnlichen Dünnschliffen, z. B. bei Chloriten, der Fall.

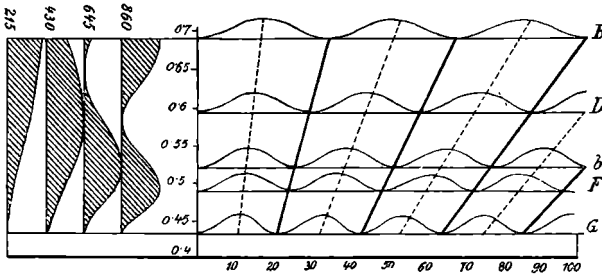
Anderseits werden durch die Dispersion der Doppelbrechung natürlich auch die Interferenzfarben stark beeinflusst und so die Bestimmung der Doppelbrechung manchen Irrthümern zugänglich sein, wenn man sie nicht durch directe Messung der Brechungsexponenten erhält.

Diesbezügliche Erfahrungen hatten Herrn Professor Dr. F. Becke bewegen, die Messung der Doppelbrechung verschiedener Minerale bei farbigem Lichte vorzunehmen und die Gestalt des Compensationsstreifens, resp. der ihm zunächst liegenden Streifen für den Gangunterschied λ und $\frac{\lambda}{2}$ zu construiren. Herr Professor Becke hatte die Güte, die weitere Verfolgung dieser Untersuchungen dem Verfasser zu überlassen. Derselbe benützt daher diese Gelegenheit, nicht nur für diese gütige Abtretung der Arbeit, sondern auch für die Erlaubnis, in seinem Institute arbeiten zu dürfen, sowie für die jederzeit in reichem Masse gewährte Unterstützung in Rath und That Herrn Professor Dr. Becke aufrichtig zu danken.

Um den Einfluss der Dispersion der Doppelbrechung auf die Interferenzfarben auf graphischem Wege anschaulich zu machen, wurden auf Rath Herrn Professor Becke's die Curven gleicher Phasendifferenz in einem idealen Beugungsspectrum construirt. Zur Erläuterung der Constructionen bei den einzelnen untersuchten Vesuvianen mögen die Figuren 1 und 2 dienen, bei welchen auf gleiche Weise, nur in etwas grösserem Massstabe, die Construction für einfachere Fälle vorgenommen wurde. Fig. 1 stellt die Verhältnisse einer keil-

förmigen Luftschichte in reflectirtem Lichte dar, also die Newton'sche Farbenfolge. Blickt man durch ein Spectroskop so auf eine Stelle eines Newton'schen Ringes, dass der Spalt in radialer Richtung steht, so sieht man im Spectrum eine Reihe schiefer, schwach gekrümmter, dunkler Streifen, die sogenannten Müller'schen Linien. Eine Auslöschung tritt dann ein, wenn die doppelte Dicke des Keils ¹⁾ gleich einer Wellenlänge wird. Es wurde nun die Dicke des Keils als Abscisse aufgetragen, u. zw. ist $\frac{1}{2}$ Centimeter = 0.1μ . Dies entspricht einem Keilwinkel von circa $4''$. Als Ordinate wurde der Deutlichkeit halber die Wellenlänge aufgetragen. Wir erhalten so die Verhältnisse in einem ziemlich stark ausgebreiteten Beugungs-

Fig. 1.



Newton'sche Ringe.

Die gestrichelten Linien gelten für Intensitätsmaxima (Phasendifferenz $\frac{2n\lambda}{2}$, Wegdifferenz $\frac{(2n+1)\lambda}{2}$), die ausgezogenen für die Intensität 0 (Wegdifferenz $\frac{2n\lambda}{2}$).

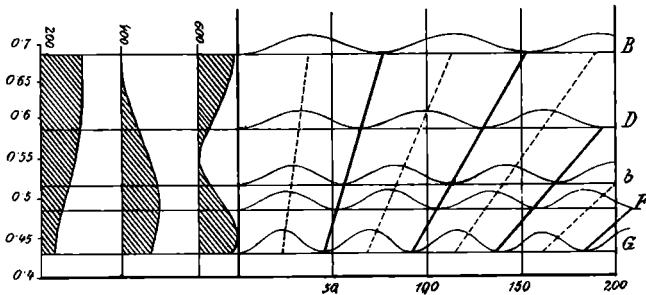
spectrum. Ueber jeder der zur Abscissenaxe parallel laufenden Coordinatenlinie, welche uns die Fraunhofer'schen Linien *B*, *D*, *b*, *F* und *G* vorstellen, wurden die Intensitätscurven aus den Zahlen für $0, \frac{\lambda}{12}, \frac{\lambda}{6}, \frac{\lambda}{4}, \frac{\lambda}{3}, \frac{5\lambda}{12}, \frac{\lambda}{2}$ etc. aufgetragen und so bei jeder dieser Linien eine Wellenlinie erhalten. Diejenigen Stellen, bei der die Intensität 0 ist, wurden mit starken, diejenigen, bei der das Maximum der Intensität (= 1) eintritt, mit punktirten Linien verbunden. Wir erhalten so Systeme schief liegender, aber gerader Striche, welche von Roth gegen Violett convergiren und sich bei

¹⁾ Die Ablenkung wird hier der Einfachheit halber vernachlässigt.

$\lambda = 0$ schneiden würden. An der Seite ist eine weitere Construction gemacht. Für verschiedene, beliebig gewählte Dicken des Keils wurde die Wellenlänge als Abscisse, die Intensität als Ordinate aufgetragen. Betrachten wir die obere Fläche des Keils als eine gewellte Fläche, so stellen diese Curven Querschnitte an verschiedenen Stellen des Keils vor.

Als ein weiteres Beispiel wurde ein Keil von Quarz nach den Zahlen von Macé de Lépinay¹⁾ bei gekreuzten Nicols gewählt. (Fig. 2.) Die Doppelbrechung des Quarzes wächst ziemlich langsam mit abnehmender Wellenlänge, sie ist in Fig. 9 als Nr. 10 neben der verschiedenen Vesuviane vergleichsweise eingetragen. Bekanntlich findet

Fig. 2.

Quarzkeil $0^\circ 13' 45''$.

Die gestrichelten Linien gelten für die Intensitätsmaxima $[(2n + 1) \frac{\lambda}{2} \text{ Gangunterschied}]$,
die ausgezogenen für die Intensität 0 $(\frac{2n\lambda}{2} \text{ Gangunterschied})$.

eine Auslöschung dann statt, wenn das Product aus der Dicke in die Doppelbrechung gleich einem Vielfachen von λ ist. Es wurden also wieder die Dicken als Abscissen, die Wellenlängen als Ordinaten aufgetragen. Einer Dicke von 1μ entsprechen hier 0.5 Millimeter, was einem Keilwinkel von circa $14' 5''$ entspricht.

Die Durchführung ist im übrigen ganz analog dem vorigen Fall. Es wurden wieder die Wellenlinien der Intensität mit einer Einheit von $12\frac{1}{2}$ Millimeter über jeder Fraunhofer'schen Linie aufgetragen, die Stellen der Intensitätsmaxima mit gestrichelten, die

¹⁾ Entnommen den Landolt-Börnstein'schen Tabellen.

der Intensität 0 mit starken Linien verbunden und die Curve der Intensität für verschiedene, beliebig gewählte Keildicken (Querschnitte) an der Seite aufgetragen. Wir sehen hier, dass die Dispersion des Quarzes keine wesentliche Aenderung in der Gestalt der Curven gleicher Phasendifferenz hervorbringt, die Striche laufen noch ziemlich gerade, auch hier trifft noch das erste Minimum im Roth ungefähr mit dem zweiten Maximum im Blau zusammen, der Verlauf der Striche und die Farbenfolge ist ganz ähnlich wie bei den Newtonschen Ringen. Ganz anders wird aber die Sache, wenn die Dispersion der Doppelbrechung im Verhältnis zu ihrer Stärke gross wird. Die nähere Besprechung der dadurch verursachten Farbenänderungen soll erst gegen Schluss der Arbeit, nach der Anführung der Messungen an den einzelnen Präparaten folgen, zum leichten Verständnis der bei letzteren gebrachten Figuren sei aber ein Fall herausgegriffen. Am lichtbraunen Vesuvian vom Vesuv war erhalten worden:

$\omega - \varepsilon$ für: $B\ 0\cdot00301$, $D\ 0\cdot00274$, $F\ 0\cdot00245$, $G\ 0\cdot00187$.

Bei dieser geringen Doppelbrechung konnte natürlich auch wieder der Masstab für die Abscissenachse verkleinert werden, in Fig. 1, Tafel II entspricht $\frac{1}{2}$ Millimeter 10μ . Wie aus Fig. 9 Nr. 9 ersichtlich, nimmt die Doppelbrechung anfangs verhältnismässig langsam ab, wir sehen daher, dass von B bis F die Curven gleicher Phasendifferenz von rechts nach links laufen, im blauen Theile wird die Dispersion stark, die Doppelbrechung nimmt rascher ab als die Wellenlänge und die Curven machen bei F eine scharfe Biegung nach rechts, so dass jetzt das erste Minimum für Violett unter dasjenige für Roth fällt, während es für lichtiges Blau dem 0 Strich näher liegt. Die Curven der nächsten Phasendifferenzen zeigen natürlich immer stärkere Krümmung, das Minimum bleibt aber an derselben Stelle. Die den Intensitätsmaxima entsprechenden sind auch hier wieder punktirt ausgezogen.

Infolge der geringeren Genauigkeit der an diesem Präparate vorgenommenen Messungen ist auch der Verlauf der Curven in der Figur kein sehr gut übereinstimmender, doch dürfte diese Darstellung immerhin genügen, die abnormale Farbenfolge zu erklären. Zur Controle wurde aus einem Krystall ein Keil von circa $12^{\circ} 17'$ geschliffen, der die Farben 2.—5. Ordnung lieferte. In Fig. 1, Tafel II wurde versucht, dieselbe in Farben wiederzugeben, wobei die 1. Ordnung nach den Farben, die das 1. Präparat, das ebenfalls etwas keil-

förmig war, lieferte, ergänzt wurde. Das Grau 1. Ordnung ist hypothetisch, nach der Construction darf es keinen deutlichen Farbenton besitzen. Charakteristisch ist die Lilafarbe an Stelle des Orange 1. Ordnung; sie kommt dadurch zustande, dass an jener Stelle, wo Grün und Lichtblau auslöschen, Gelb schon sehr schwach ist, während Roth und Violett noch merkliche Intensität besitzt, an Stelle des Roth 1. Ordnung ungefähr haben alle Farben sehr geringe Intensität, es tritt also ein schwarzer Streifen auf. Endlich überwiegen die grünen und blauen Strahlen, zu denen auch bald Gelb mit grösserer Intensität hinzutritt, während Roth und Violett noch längere Zeit schwache Intensität besitzen; die Folge ist ein ziemlich breiter, saftgrüner Streif, der endlich in ein Weiss 2. Ordnung übergeht. Betrachtet man den Keil so durch das Abbe'sche Spectroskop, dass der Spalt senkrecht auf die brechende Kante des Keils steht, so sieht man eine Anzahl schwarzer Streifen, welche alle eine Umkehrung an der Grenze von Grün und Blau zeigen, diese Biegung wird natürlich immer stärker gegen das dicke Ende des Keiles zu. Die Folge davon ist, dass in den höheren Ordnungen das Gelb wieder mehr hervortritt und die Farben denen der höheren Ordnungen normaler Farbenfolge ähnlicher werden. Die Construction stimmt mit der directen Beobachtung ziemlich gut, besser als eine auf Grund der einfachen Cauchy'schen Dispersionsformel $\left(n = a + \frac{b}{\lambda^2}\right)$ geführte Rechnung, wie später gezeigt wird.

In dem ersten der genauer gemessenen Präparate tritt der Fall ein, dass die Doppelbrechung für eine Farbe 0 wird, die Stelle für die erste Phasendifferenz rückt also in die Unendlichkeit, wie dies schon Herschel (11) angibt. Die Curven gleicher Phasendifferenz convergiren dann asymptotisch gegen eine gerade dunkle Linie.

Zum Verständnis der weiteren, analogen Figuren sei hinzugefügt, dass bei allen, sowie bei den vorhergehenden, die Curven für die Intensität 0 stark, die für das Intensitätsmaximum (ungerade Vielfache von $\frac{\lambda}{2}$) punktirt ausgezogen sind. Für die meisten wurde der in Fig. 3 angegebene Masstab beibehalten, nur für jene, bei welchen eine einfache Brechung bei einer bestimmten Wellenlänge eintritt (Fig. 5 und 6), wurde ein halb so grosser Masstab angewendet, um die Figur nicht unnützerweise gross zu machen. Da jene

Vesuviane, bei denen keine starke Dispersion der Doppelbrechung auftritt, auch keine von der Newton'schen stark abweichende Farbenfolge zeigen, so wurde von einer Construction derselben für solche Präparate abgesehen.

Zur Erreichung des doppelten Zweckes, die Dispersion der Doppelbrechung zu messen und dabei die Färbung des Compensations- und der ihm zunächst liegenden Interferenzstreifen im Compensator zu berücksichtigen, schlug Herr Professor Becke dem Verfasser vor, mit dem erwähnten Apparate das Abbe'sche Spectroskop-Ocular zu verbinden. Nach mehreren Versuchen erschien als die geeignetste, wenn auch nicht ganz einwandfreie Combination die folgende:

Der Compensator wurde wie gewöhnlich in den Tubus eingeschaltet und auf dem Analysator das Spectroskop-Ocular aufgesetzt. Die Müller'schen Linien erschienen so mit Deutlichkeit, aber in umgekehrter Reihenfolge als die zugehörigen Streifen im Compensator-Ocular. Leider ist die Zusammenstellung parallaktisch in Bezug auf die Richtung des vom Spiegel herkommenden Strahles, so dass bei einer Drehung desselben, scil. beim Wandern des Sonnenstrahles sich der Ort der schwarzen Streifen gegenüber der als Einstellungs-marke dienenden Verunreinigung im Spalte änderte. Um diesem grossen Fehler einigermaßen zu begegnen, musste der Heliostat zu Hilfe genommen werden, doch genügte auch dieser nicht vollkommen. Auch die Einschaltung eines Blendschirmes aus Pauspapier vermochte den Fehler nicht genügend zu reduciren, doch hatte dieser Schirm den weiteren Zweck, eine gleichmässige Beleuchtung des Gesichtsfeldes zu erzielen und die beim Einstellen sehr störenden Streifen parallel der Einstellungs-marke, die von den Details des Präparates herrührten, so ziemlich zum Verschwinden zu bringen. Im übrigen wurde die noch immer bedeutende Fehlerquelle durch oft es Einstellen des Heliostaten und durch Wiederholung der Messung verringert. Die Genauigkeit blieb aber geringer, als sie nach Pulfrich (26) und Viola (32) am Abbe-Pulfrich'schen Totalreflectometer durch Anwendung der Differentialmethode erreichbar sein soll. Warum diese Methode, die im übrigen viel einfacher gewesen wäre, nicht angewendet wurde, hatte folgende Gründe:

1. War es eine Aufgabe der Untersuchung, wie oben erwähnt, die Gestalt der einzelnen Interferenz- und Compensationsstreifen im Spectrum zu beobachten und hiemit deren Farbenfolge zu vergleichen.

2. Gestattet der Totalreflectometer bei Anwendung des Spectrokopes keine so enge Einschränkung des untersuchten Objecttheiles, wenigstens nicht bei stärker lichtbrechenden Mineralien, wie Idokras und Epidot, bei denen statt des Monobromnaphtalin das leicht zersetzbare und äusserst hygroskopische Baryumquecksilberjodid verwendet werden muss.¹⁾

3. Ist bei diesen Mineralen auch keine so genaue Einstellung, wenigstens für des Autors Auge, möglich, als es zur Erreichung jener Genauigkeit, die durch Anwendung der Mikrometerschraube erzielt werden soll, nöthig ist. Auch die Einstellung auf eine der feinen Linien zu beiden Seiten der weissen Einstellungslinie dürfte in diesem Falle nicht viel helfen, zumal die Grenzen der Totalreflexion nicht so scharf sind als bei niedriger Lichtbrechung im monochromaten Lichte. Herrn Viola's Zahlen für die Dispersion der Doppelbrechung am Quarze sind übrigens ein gutes Beispiel, wie weit die Genauigkeit der Messung mittels Spectroskop-Oculares beim Totalreflectometer reicht.

Die Anwendung der Prismenmethode ist durch die Beschaffenheit des Materiales in den meisten Fällen ausgeschlossen.

Als erstes Mineral wurde der Vesuvian, bei dem von zahlreichen Autoren ein starker Wechsel in der Doppelbrechung beobachtet worden war, zur Untersuchung herangezogen.

Von dieser Mineralgattung wurden mehrerer Vorkommen auf oben erwähnte Weise der Messung unterworfen; bei einer Anzahl wurde die Doppelbrechung nur annähernd bestimmt und die Stärke der Dispersion nach der Färbung des Compensationsstreifens beurteilt. Eine Rücksicht auf die optischen Anomalien wurde nicht genommen. Bezüglich der Ursache der letzteren, die bereits Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen sind, glaubt sich der Autor der Ansicht Braun's (2) anschliessen zu müssen, dass sie durch den Einfluss der isomorphen Mischung bedingt sind.

Die genauer untersuchten Krystalle von Vesuvian²⁾ waren: I. Idokras von Poljakowsk, lichtgrün. II. Idokras, kurzsäulenförmig,

¹⁾ Die Anwendung von Stanniol oder Papierblättchen als Blende zwischen Präparat und Glas ist dadurch ziemlich ausgeschlossen.

²⁾ Der Name Idokras soll hier auf die Varietäten mit sehr starker Dispersion und schwankendem Charakter der Doppelbrechung beschränkt und damit der Unterschied gegenüber den fluorhaltigen (s. u.) Vesuvianen hervorgehoben werden. Der

grün, von Ala, ohne nähere Fundortangabe. III. Vesuvian, braun, stenglig, vom selben Fundort. IV. Idokras, braun, Canzocoli (Sforzella) bei Predazzo. V. Vesuvian, grünbraun, von Sandford, Maine. VI. Wiluit. Der Idokras von der Poljakowskischen Grube war durch seine grosse Durchsichtigkeit für die Bestimmung des Brechungs-exponenten am geeignetsten, bei ihm wurde auch der Versuch gemacht, die Dispersion des ordentlichen Strahles mittels Prismenmethode angenähert zu bestimmen. Da sich bei dem Präparate auch eine Anzahl von verschiedenen, durch die isomorphe Mischung bedingten interessanten Erscheinungen zeigte, soll dieser Krystall zuerst besprochen und an ihm die Art und Weise der Messung und Berechnung demonstriert werden.

Der Krystall von Idokras aus der Poljakowskischen Grube wurde, ebenso wie der von Wiluit, dem Verfasser in liebenswürdigster Weise von Herrn Professor Dr. W. Vernadsky in Moskau zur Untersuchung überlassen, und der Autor ergreift daher diese Gelegenheit, Herrn Professor Dr. Vernadsky für sein freundliches Geschenk auf das allerwärmste zu danken. Der Krystall war abgebrochen, circa 1 Centimeter lang und 2 Millimeter dick. Er war begrenzt von den Flächen a (100), m (110), s (311), e (101) und p (111), letztere beiden nur klein. Die Entwicklung der Flächen besass monosymmetrischen Habitus. Die Farbe ist sehr hell lichtgrün, der Pleochroismus ist: gelb für den ordentlichen, hellflaschengrün für den ausserordentlichen Strahl. Der Krystall als ganzer bei gekreuzten Nicols betrachtet, zeigte schief auf die Prismenachse laufende, breite Streifen, welche keine Auslöschung, sondern nur bei Parallelstellung der Hauptaxe eine tiefblaue Farbe, in der 45^o-Stellung gelbliche Töne zeigten. Im Spectroskop-Ocular gibt er eine grosse Anzahl Auslöschungstreifen im stärker brechbaren Theile des Spectrums, im Theile gelb bis roth nur einen. Bereits diese Erscheinung deutet auf eine Verschiedenheit in der Doppelbrechung zwischen blauen und rothen Strahlen. Bei der Besprechung des Schliffes werden wir mehr davon hören.

Von diesem Krystalle wurde parallel einer der grösseren m -Flächen ein $60 \cdot 1 \mu^1$) dicker Schliff durch die Firma Voigt & Hoch-

von Dana als späteren Ursprungs bezeichnete Hauy'sche Namen passt seiner Etymologie nach sehr gut auf die obigen Varietäten.

¹⁾ Die Angabe der Bruchtheile von μ macht keinen Anspruch auf Genauigkeit, sie ist nur als Annäherung aus der Rechnung herübergenommen.

gesang ausgeführt, die Schnittfläche am Krystall polirt. Eine weitere Fläche wurde unter einem Innenwinkel von $35^{\circ} 57'$ in der Prismenzone angeschliffen und polirt. Mit diesem Prisma wurde der Brechungsexponent für *Na*-Licht am zweikreisigen Goniometer von Goldschmidt, Modell 1896, der sich hiezu sehr gut verwenden lässt, bestimmt; $\omega = 1.7120$, $\varepsilon = 1.7108$ mit einem wahrscheinlichen Fehler von ± 0.0002 . Die Doppelbrechung für *Na*-Licht ist also an der gemessenen Stelle 0.0012. Dies stimmt mit den directen Beobachtungen nicht, doch lässt sich die Verschiedenheit durch den Aufbau des Krystalles aus verschiedenen doppeltbrechenden Stellen erklären, wie weiterhin ausgeführt wird.

Am Fuess'schen Goniometer (Modell I) des mineralogischen Institutes wurde an demselben Prisma die Dispersion von ω angenähert bestimmt, indem der Krystall als Erzeuger des Spectrums verwendet wurde. Die Beschaffenheit des Präparates und der kleine brechende Winkel erlaubte keine Ausdehnung des Spectrums bis zum Sichtbarwerden der Fraunhofer'schen Linien, ein Wülfing'scher Spectralapparat (36) stand dem Autor nicht zur Verfügung. Die Messungen ergaben die Zahlen:

Roth (ungefähr <i>B</i>)	1.7071
Gelb (ungefähr <i>D</i>)	1.7120
Blau (Grenze gegen Grün, ungefähr <i>F</i>) . . .	1.7190
Blau (Grenze gegen Violett, ungefähr <i>G</i>) . .	1.7311

Die vierte Decimale ist natürlich ganz unsicher und nur zur Schätzung angegeben. Für *D* stimmt die Zahl sehr gut mit der für *Na*-Licht erhaltenen. Die Dispersion ist also nicht sehr beträchtlich, sie wächst natürlich stark im violetten Theile. Sie ist, wie sich beim Vergleich mit der Doppelbrechung ergibt, sehr stark für den ausserordentlichen Strahl.

Der erwähnte Schliff nach einer Fläche des Protoprismas *m* ist in Taf. I, Fig. 1, abgebildet (Nicols +). Entlang der Kante (*A*), über welcher die Pyramidenflächen kleiner entwickelt sind, zieht sich eine gegen den Fuss des Krystalles immer breiter werdende blaue Zone hin, die von feinen rothen Linien durchzogen und von rothen Streifen eingesäumt ist. Diese Stellen löschen einheitlich gerade aus, ebenso die theils || der Trace der Fläche, theils unregelmässig, aber geradlinig begrenzten gelben, rothen und blauen

Partien des Kopfes. Von der anderen Seite des Krystalles ragen in den gelbgefärbten Theil geradlinig begrenzte Flecken von dreieckiger oder trapezoidischer, krystallographisch nicht bestimmter Gestalt, mit rother, am Rande des Krystalles blauer Interferenzfarbe (*C*). Diese Partien zeigen eine sehr starke Axendispersion; sie löschen nirgends vollkommen aus und zeigen nur einen starken Wechsel in der Farbe. Bei Parallelstellung sind sie bläulichgrau gefärbt, dreht man das Präparat im Sinne des Uhrzeigers bis zu einem Betrag von 22° , so zeigen die Stellen blaue, im entgegengesetzten Sinne gelbbraune Töne. Die Auslöschungsrichtungen sind also für Roth und Blau ungefähr symmetrisch zu beiden Seiten der Hauptaxe gelegen. Der Raum (*B*) zwischen diesen und den blauen Theilen der anderen Seite zeigt gelbe Farbe und löscht gerade aus. Aehnliche Partien befinden sich jedenfalls an mehreren Stellen des Krystalles und sie dürften es sein, welche einerseits das unvollständige Auslöschen derselben, andererseits die Verschiedenheit der Resultate der Messung mittels Prismenmethode und Babinet'schem Compensator bedingen. Im gewöhnlichen Lichte ist von diesem Aufbau keine Andeutung zu finden.

Der Messung mittels Compensator und Spectroskop wurde wegen der Anomalien nur der einheitlich auslöschende blaue Theil *A* unterzogen. Derselbe zeigte, ohne Compensator betrachtet, spectroscopisch geprüft, einen schwarzen Streif im Gelb, $\lambda = 0.57 \mu$.

Im Compensator war an Stelle des schwarzen Compensationsstreifens ein gefärbter getreten, der an dem keilförmigen Rande des Präparates allmählich in den schwarzen Streifen des Compensators ohne merkliche Verschiebung übergeht. Die Farben des Intervalles zwischen $+$ und $- \lambda$ Phasendifferenz sind für gekreuzte und parallele Nicols in Fig. 3 angegeben.

Die Messungen selbst wurden folgendermassen vorgenommen: Der Compensator¹⁾, der so orientirt war, dass seine Axen \parallel der gewöhnlichen Lage der Nicolhauptschnitte laufen, wurde eingeschaltet und das Präparat zunächst so gestellt, dass seine Hauptaxe von links nach rechts ging. Dann wurden beide Nicols im entgegengesetzten Sinne um 45° gedreht, so dass sie parallel waren. Nun wurde das Spectroskop

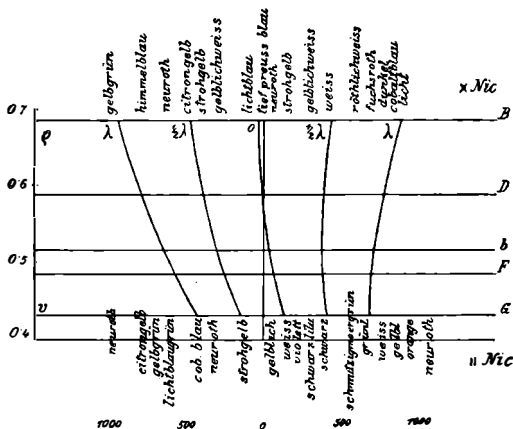
¹⁾ Geliefert von der Firma Voigt & Hochgesang, von Herrn Koristka in Mailand an den Tubus des Mikroskopes angepasst.

auf den Analysator gesetzt, der Compensator soweit verschoben, dass Farben höherer Ordnung in das Gesichtsfeld kamen; die entstehenden schwarzen Interferenzstreifen wurden durch Drehung des Spectroskopes den Fraunhofer'schen Linien parallel gerichtet, was mit hinreichender Sicherheit möglich ist. Jetzt war der Spalt parallel dem Compensationsstreifen. Der Analysator wurde dann mitsammt dem Spectroskope um 90° gedreht und der verschiebbare Keil des Compensators soweit zurückgeschraubt, dass der eine, fernerhin als $-\lambda$ bezeichnete Interferenzstreifen rechts von der Einstellungs-marke (ohne Spectroskop betrachtet — links) zu liegen kam. Die Reihenfolge der abgelesenen Zahlen war für die rechts vom 0-Streifen liegenden Theile subtractiv (im Spectroskope die links liegenden); derjenige Interferenzstreif, bei dem die Dispersionen von Quarz und Vesuvian einander entgegenwirkten, lag also auf der negativen Seite, er wurde als $-\lambda \left(\text{scil} - \frac{\lambda}{2} \right)$ bezeichnet.

Der Reihenfolge in der Ablesung nach wurden nun die einzelnen Streifen an ihrer Kreuzungsstelle mit den Linien B , D , b , F und G eingestellt, indem dabei der Polarisator abwechselnd \perp und \parallel dem Analysator gestellt wurde. In den Tabellen sind die zur Beobachtung verwendeten Streifen mit $-\lambda$, $-\frac{\lambda}{2}$, C , $+\frac{\lambda}{2}$, $+\lambda$ bezeichnet, wobei C der Compensationsstreif ist. War man bei B von $+\lambda$, der sich durch starke Schiefstellung auszeichnete, angelangt, so wurde der Compensationskeil zurückgeschraubt, das Präparat um 90° gedreht und die Beobachtung von neuem begonnen. Jetzt passirte natürlich $+\lambda$ die Einstellungs-marke zuerst. Der ganze Vorgang wurde öfters, bei diesem Präparate 15mal wiederholt. Aus den so erhaltenen Ablesungen wurde für jeden Streif einzeln das arithmetische Mittel genommen und so die Zahlen unter A , Tabelle 1, erhalten. Von diesen wurden die entgegengesetzt liegenden Zahlen (von gleichem Vorzeichen des λ) subtrahirt, d. h., da sie meist von entgegengesetztem Vorzeichen sind, dem absoluten Werte nach addirt, und die Hälfte der Differenz genommen (Tabelle 1 B). Aus diesen wurde nach der Formel $d(\omega - \varepsilon) = \pm (kl - \lambda)$ die Doppelbrechung aus jedem einzelnen Streifen berechnet und dann wieder das Mittel für jede Fraunhofer'sche Linie genommen. Die Dicke wurde mittels Mikrometerschraube durch Einstellen auf Ober- und Unterseite des

Schliffes gemessen. Die Einstellung wurde 15—20mal wiederholt, das Mittel ist auf 1μ sicher richtig. Als Brechungsexponent wurde ω_{Na} gewählt, derselbe entspricht innerhalb der Fehlergrenzen dem des hellsten Theiles des Spectrums. Die Instrumentconstanten k für die einzelnen Farben waren anfangs durch separate Bestimmungen ermittelt worden, späterhin wurden dieselben ersetzt durch die aus der halben Differenz zwischen $+\lambda$ und $-\lambda$ aus den Ablesungen bei mehreren Präparaten (Tabellen 1, 2, 3, 4, 5, 6) gewonnenen Werte, das ist aus $2 \times 96 = 192$ Beobachtungen. Diese Ziffern

Fig. 3.



Farben im Compensator und Lage der Interferenzstreifen im Spectrum beim Idokras von Poljakowsk.

Die oberhalb der Figur stehenden Farben geben diejenigen bei gekreuzten, die unterhalb die bei parallelen Nicols an.

sind auf Tabelle 1 C angegeben. Zur angenäherten Schätzung der Genauigkeit der Beobachtungen wurde aus jedem Streif die Verschiebung des Compensationsstreifs durch Abzug von $\frac{k}{\lambda}$ berechnet und das Mittel aus den Fehlern der Einzelbeobachtungen gegenüber den aus der mittleren Doppelbrechung berechneten Zahlen genommen. Zum Vergleich damit wurde der mittlere Fehler aus den Zahlen der Doppelbrechung, die aus $\pm \lambda$, $\pm \frac{\lambda}{2}$ und C berechnet wurden, angegeben (Tabelle 1 D). Dieses letztere Mittel, welches natürlich viel

Tabelle 1.

Idokras von Poljakowsk. (Fig. 9, Nr. 1.)

A. Stellung \perp Compensationsstreif					Mittel aus beiden					Stellung \parallel dem Compensationsstreifen					C. Mittel der Constanten		
	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$	$+\lambda$	$+\frac{\lambda}{2}$	C	$-\frac{\lambda}{2}$	$-\lambda$	$\frac{\lambda}{C(\varepsilon-\omega)}$	k
<i>B</i>	-939	-489	-34	+423	+877	-876	426	+36	+488	+952	-1028	-553	-106	+363	+813	919	0 ⁰ ,748
<i>D</i>	848	457	69	322	707	772	388	+5	396	789	872	471	79	320	698	782	0 ⁰ ,753
<i>b</i>	790	444	104	230	565	711	372	-31	306	645	726	382	42	300	632	676	0 ⁰ ,766
<i>F</i>	758	445	128	181	495	684	373	-57	252	571	648	324	-14	301	610	628	0 ⁰ ,774
<i>G</i>	763	473	197	76	350	690	407	-125	142	421	492	209	+53	342	618	549	0 ⁰ ,785

Dicke 60¹ μ .

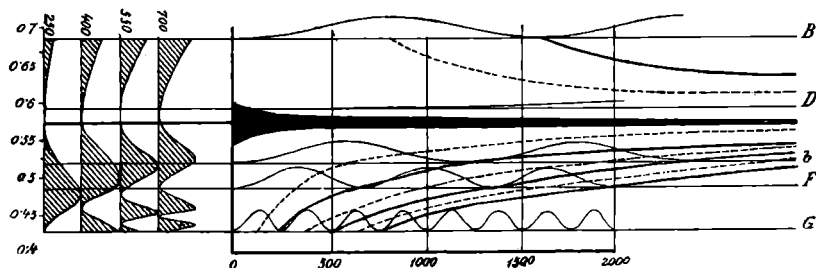
E. Doppelbrechung				B. Mittlere Fehler der Ablesung						D. Doppelbrechung aus den einzelnen Streifen berechnet					
	$\varepsilon-\omega$	Mittlere Fehler aus <i>B</i>	Mittlere Fehler aus <i>D</i>		$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$	Mittel	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$
<i>B</i>	-0 ⁰ .00044	0 ⁰ ,13	0 ⁰ ,44	<i>B</i>	13.1	8.7	7.2	11.6	11.8	10.5	053	042	045	036	042
<i>D</i>	-0 ⁰ .00007	11	24	<i>D</i>	10.9	11.3	8.6	6.2	7.9	9	013	004	006	006	008
<i>b</i>	+0 ⁰ .00042	11	18	<i>b</i>	9	8.2	11.3	6.2	8	8.5	045	043	039	042	040
<i>F</i>	+0 ⁰ .00073	12	12	<i>F</i>	9.1	7.1	12.8	8.4	9.2	9.3	071	073	073	077	073
<i>G</i>	+0 ⁰ .00172	19	56	<i>G</i>	12.9	12.7	18.7	13.4	13.2	14.2	185	173	162	173	168

Dicke 60¹ μ , 15 Beobachtungsreihen.

niederer ist als das erste, wird dann der Einfachheit halber bei den übrigen Tabellen als „mittlerer Fehler“ bezeichnet. Die Zusammenstellung zeigt, dass trotz der Unsicherheit der Einstellung der Fehler nicht um sehr viel grösser ist als derjenige, der bei der Messung mittels Abbe-Pulfrich'schem Totalreflectometer mit Spectroskop-Ocular bei Körpern von hoher Lichtbrechung begangen wird.

Die Zahlen der Tabelle 1 *B* wurden dann in Fig. 3 als Abscissen, die Wellenlänge als Ordinate aufgetragen, die Verhältnisse wurden so gewählt, dass die Zeichnung, abgesehen von der Dispersion

Fig. 4.

Idokras von Poljakowsk. Keilwinkel $2^{\circ} 17' 26''$.

Die gestrichelten Curven gelten für Maxima der Intensität (Gangunterschied $\frac{(2n+1)\lambda}{2}$),
die ausgezogenen für die Intensität 0 (Gangunterschied $\frac{2n\lambda}{2}$).

des Glasprismas im Spectroskop, dem wirklich gesehenen Bilde möglichst ähnelt. Oberhalb der Zeichnung sind die Farben bei gekreuzten, unterhalb bei parallelen Nicols angegeben. In Fig. 9 sind die Resultate aller genauer untersuchten Präparate auf ähnliche Weise dargestellt, nur wurde statt der Verschiebung für *C* die Doppelbrechung als Abscisse aufgetragen. Nr. 1 ist die Curve für diesen Idokras.

In Fig. 4 sind, wie oben angegeben, die Curven gleicher Phasendifferenz und die Intensitätscurven bei gegebener Dicke gezogen. Der mittlere, dicke Streifen bezeichnet die Stelle der Isotropie.

II. Idokras von Ala, grün.

Die Krystalle waren dicksäulenförmig, hauptsächlich begrenzt von $m(110)$, $p(111)$, $c(001)$, ferner $a(100)$ und $e(101)$. Pleochroismus: ω gelblichgrün, ε grasgrün. Von einem der Krystalle wurde der obere Theil, circa 2 Millimeter dick $\parallel 001$ abgeschnitten; er gab im convergenten Lichte ein ungestörtes Interferenzbild; die Felder des centralen Theiles waren gelb gefärbt, der erste Ring innen blau, aussen roth. Es lag also ein Chromocyklit vor, wie sie Herschel (10) am Apophyllit beobachtete. Im parallelen Lichte fehlte die Feldertheilung, statt derselben zeigten sich unregelmässige Flecken, die auch in der Orientirung der optischen Elasticitätsaxen keinen Zusammenhang mit der äusseren Form aufwiesen. Die Krystalle zeigten an ihrem abgebrochenen Ende eine undurchsichtige, lichtgelbgrün gefärbte Partie, von deren Eigenschaften später, bei Besprechung der Präparate, die Rede sein wird. Es wurden 4 Schriffe von einem der Krystalle angefertigt, und zwar je zwei nach zwei aufeinander senkrecht stehenden Prismenflächen. Von diesen trafen die der kleineren, parallel geführten die Anwachsschichte an einer dickeren Stelle. Einer der Schriffe ist auf Tafel I, Fig. 2 abgebildet. Wie ersichtlich, zeigt derselbe starke Streifung parallel den Begrenzungselementen. Die Farbe bei + Nicols wechselt, einige Streifen sind tiefbräunlichroth, andere dunkelorange bis gelb, wieder andere weiss. Die stark geriefte Anwachsstelle ist reinweiss. Im gewöhnlichen Lichte sind die Schriffe farblos. An den Rändern des Präparates zeigen sich sehr schmale, intensiv violett gefärbte Streifen. Bänder ähnlicher Farbe hat auch G. Munteanu-Murgoci am Vesuvianfels vom Paringu-Massiv (24) beobachtet. Die Präparate vom Idokras von Ala zeigten mehrere Sprünge, die mit einer zum ganzen Krystall einheitlich orientirten Substanz, aber anderer Doppelbrechung als die Umgebung, z. B. gelb in rothem Felde, ausgefüllt waren. Schiefe Auslöschung wurde nirgends beobachtet, alle Stellen löschten einschliesslich der gestreiften Anwachsstelle einheitlich aus. Die Schriffe \parallel der grösseren Prismenfläche zeigen ganz analoge Erscheinungen, nur nehmen die rothen Felder einen grösseren Raum ein. Zur genaueren Untersuchung, die in derselben Weise durchgeführt wurde wie beim Idokras von Poljakowsk, wurde von dem ersten Schriffe eine rothe und eine gelbe und eine Stelle der Anwachsschichte, von den letzteren nur eine rothe Stelle heran-

Tabelle 2.

Grüner Idokras von Ala, rote Interferenzfarbe.

A. $\parallel(110)$. (Fig. 9, Nr. 2.)

	Verschiebung (l)					Doppelbrechung ($\varepsilon - \omega$) 0'00 . . .					Mittel	Mittlere Fehler
	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$		
<i>B</i>	− 805	− 361	+ 119	+ 556	+ 1038	− 155	− 134	− 162	− 131	− 162	− 0'00149	0'0 ₃ 13
<i>D</i>	704	320	+ 78	475	869	108	097	107	115	118	− 0'00109	0'0 ₄ 61
<i>b</i>	637	289	+ 46	387	716	055	067	064	069	056	− 0'00062	0'0 ₄ 54
<i>F</i>	618	292	+ 1	320	640	− 014	− 031	− 001	− 009	− 016	− 0'00014	0'0 ₄ 74
<i>G</i>	612	365	− 81	201	490	+ 089	+ 129	+ 136	+ 105	+ 084	+ 0'00109	0'0 ₃ 19

Dicke 54·9 μ , 17 Beobachtungsreihen.B. $\parallel(1\bar{1}0)$. (Fig. 9, Nr. 2a.)

	Verschiebung (l)					Doppelbrechung ($\varepsilon - \omega$) 0'00 . . .					Mittel	Mittlere Fehler
	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$		
<i>B</i>	− 841	− 379	+ 89	+ 544	+ 1006	− 130	135	149	142	146	− 0'00140	0'0 ₄ 64
<i>D</i>	719	327	63	454	843	108	108	106	107	103	− 0'00106	0'0 ₄ 14
<i>b</i>	644	294	39	375	707	054	076	067	063	054	− 0'00063	0'0 ₄ 70
<i>F</i>	617	294	+ 18	330	640	020	033	031	027	020	− 0'00026	0'0 ₄ 50
<i>G</i>	582	322	− 33	236	508	058	083	058	068	072	+ 0'00068	0'0 ₄ 78

Dicke 44·6 μ , 18 Beobachtungsreihen.

Tabelle 3. Grüner Idokras von Ala, gelbe Interferenzfarbe. (Fig. 9, Nr. 3.)

	Verschiebung (l)					Doppelbrechung ($\omega - \varepsilon$) 0'00 . . .						
						gerechnet für					Mittel	Mittlere Fehler
	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$		
<i>B</i>	- 746	- 285	+ 186	+ 635	+ 1110	235	238	253	239	260	245	0092
<i>D</i>	632	238	152	542	941	206	210	209	207	219	210	0034
<i>b</i>	556	206	122	463	798	168	184	170	175	169	173	0050
<i>F</i>	526	206	99	423	728	148	153	139	153	140	147	0056
<i>G</i>	498	235	40	320	591	073	056	057	065	060	062	0054

Dicke 54·9 μ , 12 Beobachtungsreihen.

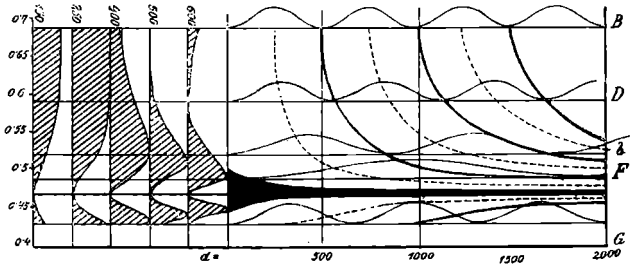
Tabelle 4. Grüner Idokras von Ala, gestreifte Anwachsstelle. (Fig. 9, Nr. 4.)

	Verschiebung (l)					Doppelbrechung ($\omega - \varepsilon$) 0'00 . . .						
						gerechnet für					Mittel	Mittlere Fehler
	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$		
<i>B</i>	- 624	- 164	+ 300	+ 749	+ 1219	331	331	336	324	335	331	0032
<i>D</i>	509	122	270	658	1053	308	303	305	301	305	305	0018
<i>b</i>	439	93	238	573	916	272	281	273	269	275	274	0032
<i>F</i>	416	93	211	526	842	246	256	245	246	248	248	0030
<i>G</i>	395	126	148	422	701	181	174	174	173	180	176	0032

Dicke 66·8 μ , 11 Beobachtungsreihen.

gezogen. Diese Resultate sind in den Tabellen 2, 3 und 4 wieder-
gegeben, in Tabelle 2 ist auch die rothe Stelle des vierten Präparates

Fig. 5.



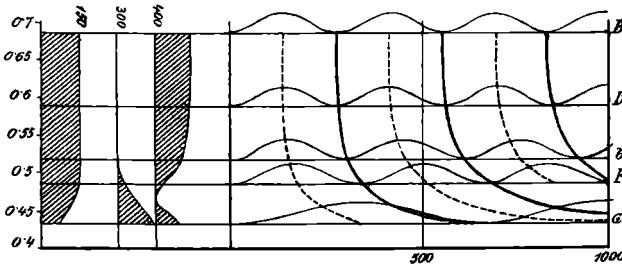
Idokras von Ala, Stelle mit rother Interferenzfarbe. Keilwinkel $2^{\circ} 17' 26''$.

Die gestrichelten Linien gelten für die Intensitätsmaxima, die ausgezogenen für die Intensität 0.

einbezogen (*B*). Als Brechungsexponent für die Bestimmung der Dicke wurde die von Osann (29) gefundene Zahl 1.721 angenommen.

Aus den Tabellen 2, *A* u. *B* ergibt sich für die Linie *G* eine starke Differenz zwischen den beiden Stellen von gleicher Interferenzfarbe.

Fig. 6.



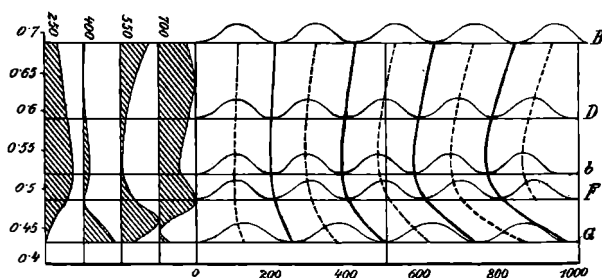
Idokras von Ala, Stelle mit gelber Interferenzfarbe. Keilwinkel $1^{\circ} 08' 45''$.

Die gestrichelten Linien gelten für die Intensitätsmaxima, die ausgezogenen für die Intensität 0.

Zum Theil ist dieselbe auf die Unsicherheit der Einstellung in einem relativ dunklen Theile des Spectrums zurückzuführen; zum Theil

deutet sie wohl auf wirklich vorhandene Verschiedenheiten hin. Bei der starken isomorphen Streifung geht es natürlich nicht an, daraus einen Schluss auf Zweiaxigkeit zu machen. Wie für den Idokras von Poljakowsk wurden auch hier für einen scharfen Keil die Intensitätscurven gezeichnet und die Curven gleicher Phasendifferenz gezogen (Fig. 5, 6 und 7). Für die gelben Stellen ergibt sich dabei eine Umkehrung der Farbenfolge, die weisse Anwachsstelle gibt eine Krümmung mit einem Minimum im Grün, die rothen geben ganz abnormale Farben. Von dem Rest des für die Schriffe verwendeten Krystalles wurde ein Keil von circa 12° geschliffen. Die Farben des Keiles waren bei + Nicols, vom dünnen Ende angefangen,

Fig 7.

Idokras von Ala, Anwachsstelle. Keilwinkel $1^\circ 08' 45''$.

Die gestrichelten Linien gelten für die Intensitätsmaxima, die ausgezogenen für die Intensität 0.

folgende: Bräunlichgelb, das immer lichter wurde, an manchen Stellen von blauen oder grünen Streifen unterbrochen, dann geht die Farbe ziemlich unvermittelt in Grün über, dem ein lichtiges Kobaltblau folgt. Darauf kam ein bläuliches Rosa, Pfirsichgelb und wieder Grün. Betrachtete man den Keil im Spectroskop so, dass der Spalt \perp auf die brechende Kante stand, so sah man im Blau einen Streif, der fast gerade verlief und nur gegen das dünnere Keilende zu, etwa von jener Stelle, wo das erste Grün auftritt, unregelmässig gebrochen gegen Violett abbog. Es ist dies eine Folge isomorpher Schichtung, die Schichten von hier nach abwärts gehören offenbar¹⁾ den Stellen mit gelber Interferenzfarbe an. Gegen den geraden Streifen im Blau

¹⁾ Wie auch mittels Compensators erkannt werden konnte.

zog je ein stark gekrümmter aus dem Roth und ein schwacher gekrümmter Streif aus dem Violett asymptotisch convergirend heran. Diese Verhältnisse stimmen also, unter Rücksichtnahme auf die Dispersion des Glasprismas, so ziemlich mit den aus den gewonnenen Zahlen construirten Curven der Fig. 5. Die Farbenfolge entspricht auch derjenigen des Interferenzbildes im convergenten Lichte, das oben erwähnt wurde, und der von Brewster, Herschel, Biot etc. am Apophyllit von den Faröern beschriebenen.

III. Vesuvian von Ala, braun.

Der dünnstengelige, stark geriefte Krystall zeigte keine Endflächen. Farbe: ω gelbbraun, ϵ etwas lichter mit schwachem Stich ins Grüne. Violette Töne, wie sie Sismonda und Brezina angeben, fehlen. $\omega_{Na} = 1.732$, $\epsilon = 1.726$, also ziemlich stark optisch negativ. Ein Schliff \perp auf die optische Axe konnte leider nicht gemacht werden. Von den beiden Schliffen \parallel der Prismenaxe war einer für die Untersuchung wegen grösserer Dicke günstiger. Derselbe war schwach keilförmig geschliffen, die Farbenfolge war die normale. Die Untersuchung wurde an zwei verschieden dicken Stellen durchgeführt, die Resultate beider stimmen innerhalb der Fehlergrenzen überein (Tab. 5). Optische Anomalien sind vorhanden. An manchen Stellen zeigen sich Lamellen von schiefer Auslöschung bis zu 4° , in benachbarten Lamellen symmetrisch zu einer \parallel oder \perp auf die Prismenaxe liegenden Trace. Bemerkenswert ist, dass diese Auslöschungsschiefe dort auftritt, wo die Doppelbrechung durch Alterniren der Interferenzfarbe isomorphe Schichtung andeutet. Eine Dispersion der Auslöschungsschiefe ist nicht zu bemerken. Eine geneigte Dispersion wird hingegen von Brezina (4) angegeben. Mallard, Brauns, Klein beschreiben solche ebenfalls an grünen oder braunen stengeligen Krystallen von Ala.

IV. Idokras vom Vesuviansteinbruch von der Sforzella bei Predazzo.

Dunkelbrauner, undurchsichtiger, dicksäulenförmiger Krystall von gewöhnlichem Habitus (m, a, p, c). Es wurde ein Schliff parallel einer Prismenfläche untersucht. Isomorphe Schichtung fehlt ganz; die sehr brüchigen Krystalle zeigen im Schliffe blaue Interferenzfarbe, die mit abnehmender Dicke dunkler und intensiver wird. Optischer Charakter deutlich positiv. Der Schliff zeigte scharfe Risse nach (001),

Tabelle 5.

Brauner Vesuvian von Ala. A. Interferenzfarbe gelb. (Fig. 9, Nr. 5.)

	Verschiebung (l)					Doppelbrechung ($\omega - \varepsilon$) 0'00 . . .						
						gerechnet für					Mittel	Mittlere Fehler
	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$		
<i>B</i>	- 281	+ 180	+ 638	+ 1082	+ 1558	609	611	609	594	610	607	0048
<i>D</i>	160	226	619	1006	1400	598	594	596	593	594	595	0016
<i>b</i>	76	265	599	933	1272	587	590	586	582	584	586	0022
<i>F</i>	- 44	272	584	896	1211	577	579	577	575	576	577	0010
<i>G</i>	- 1	269	550	824	1095	549	545	552	551	548	549	0020

Dicke 78·3 μ , 12 Beobachtungsreihen.

B. Interferenzfarbe blau.

	Verschiebung (l)					Doppelbrechung ($\omega - \varepsilon$) 0'00 . . .						
						gerechnet für					Mittel	Mittlere Fehler
	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$		
<i>B</i>	- 100	+ 352	807	1255	1710	627	621	618	609	605	616	0072
<i>D</i>	+ 4	393	778	1168	1562	606	604	600	601	599	602	0024
<i>b</i>	75	420	757	1090	1427	589	595	594	590	589	591	0024
<i>F</i>	99	421	730	1045	1358	576	582	578	579	578	579	0016
<i>G</i>	128	402	689	968	1235	545	543	554	557	554	551	0052

Dicke 97·1 μ , 12 Beobachtungsreihen.

Tabelle 6.

Brauner Idokras von Canzocoli. (Fig. 9, Nr. 6.)

	Verschiebung (l)					Doppelbrechung ($\varepsilon - \omega$) 0'00 . . .						
						gerechnet für					Mittel	Mittlere Fehler
	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$		
<i>B</i>	— 960	— 511	— 48	+ 403	+ 878	023	029	027	032	023	027	0030
<i>D</i>	865	480	93	303	692	048	051	053	050	052	051	0014
<i>b</i>	824	474	143	188	527	086	079	083	087	086	084	0026
<i>F</i>	809	495	187	+ 123	439	106	106	110	112	111	109	0014
<i>G</i>	850	575	303	— 24	242	179	183	180	179	178	180	0014

Dicke 132 μ , 16 Beobachtungsreihen.

Tabelle 7.

Braungrüner Vesuvian von Sandford (Maine). (Fig. 9, Nr. 7.)

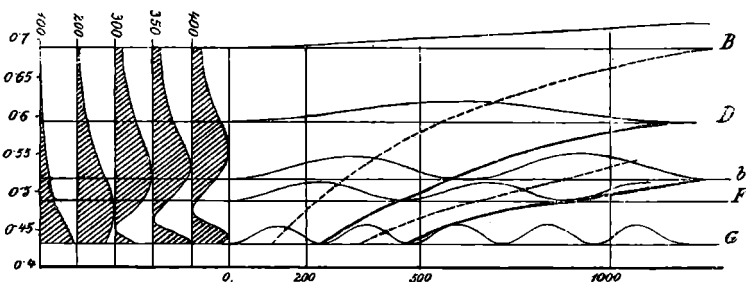
	Verschiebung (l)					Doppelbrechung ($\varepsilon - \omega$) 0'00 . . .						
						gerechnet für					Mittel	Mittlere Fehler
	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$		
<i>B</i>	— 408	+ 63	+ 507	+ 956	+ 1425	489	499	485	475	484	486	0066
<i>D</i>	284	112	489	884	1277	480	485	472	475	478	478	0036
<i>b</i>	205	131	473	822	1155	462	460	464	475	470	465	0048
<i>F</i>	172	147	463	784	1095	452	457	459	466	462	460	0040
<i>G</i>	131	156	431	720	992	420	433	433	448	446	434	0084

Dicke 78·1 μ , 12 Beobachtungsreihen.

gegen welche jene nach den Prismenflächen zurücktreten, so dass die Orientirung zu Irrthümern Anlass geben konnte. Der Vergleich mit dem Rest des Krystalles und die Beobachtung im convergenten Lichte liessen jedoch keinen Zweifel zu.

Pleochroismus des Schliffes: ω unmerklich, ε sehr hell grünbraun gefärbt. $\omega = 1.716$, $\varepsilon = 1.717$. Der untersuchte Schliff war wegen der Brüchigkeit der Materie etwas dicker ausgefallen, die Genauigkeit der Resultate und die Beobachtung der Färbung der Interferenzstreifen im Compensator war dadurch wesentlich begünstigt. Der Compensationsstreif konnte wieder mit Sicherheit daran erkannt werden, dass er an den keilförmigen Rändern in den schwarzen Nullstreif des freien Gesichtsfeldes überging. Fig. 5, Taf. II gibt die Lage

Fig. 8.

Idokras von Canzocoli, Keilwinkel $1^{\circ} 08' 45''$.

Die gestrichelten Linien bezeichnen die Curven für Intensitätsmaxima, die ausgezogenen für die Intensität 0.

desselben und der benachbarten Interferenzstreifen im Beugungsspectrum nebst deren Färbung an. Von einem anderen Krystall desselben Fundortes wurde ein Keil geschliffen. Derselbe zeigte folgenden Pleochroismus ω bräunlichgrau, ε gelbgrün. Die Interferenzfarben, vom dünnen Ende angefangen, waren: Tiefpreussischblau, das allmählich heller wurde und in Spangrün überging. Diesem folgte Gelb, das am dicken Ende des Keils einem Pflirsichroth wich. Eine ähnliche Farbenfolge geben Herschel und Klein am Apophyllit an. Es liegt hier ebenfalls ein Chromocyklit vor, entsprechend dem Apophyllit von Cziklowa.

Der Idokras von Canzocoli ist also wie auch manche mit dem Fundorte „Fassathal“ von Klein (15) erwähnte für alle Farben

positiv. Das Diagramm für die Orte gleicher Phasendifferenz in einem Keile ist in Fig. 8 wiedergegeben, die Resultate in Tab. 6.

V. Vesuvian von Sandford, Maine.

Das Material, das mir Herr Professor Becke liebenswürdigerweise zur Verfügung stellte, entstammte der Stufe 6927, Acqu. Post 1882, XXXI/1 des Mineralogischen Institutes. Es war, wie die übrigen grösseren Krystalle der genannten Stufe, ein dicksäulenförmiger, durchscheinender, grünbrauner Krystall. Der Schliff zeigte keine Farbe. Die krystallographische Begrenzung war gebildet von a , m , e , i (312) und c . Es wurde ein Schliff nach a und ein anderer ungefähr 25° dazu geneigt geführt. Ersterer zeigte wenig isomorphe Schichtung, er wurde zur Messung verwendet. Der letztere war etwas keilförmig und zeigte Schichten verschiedener Doppelbrechung, die natürlich unsymmetrisch vertheilt waren. Taf. I, Fig. 3 ist der Schliff bei + Nicols abgebildet. Auf der linken Seite beginnen die Interferenzfarben von Weiss und steigen in regelmässiger Folge bis blau II. Ordnung (A). Die rechte, dickere Seite (B) wird von abwechselnden heller und dunkler braungelben Streifen eingenommen. Am Kopfende des Krystalls zeigen sich Streifen schwächerer Doppelbrechung \parallel (001); am unteren Ende abwechselnd gelbe und rothe Streifen \parallel (101) und (001), wobei (101) gegen (001) vorwiegt.

Bei Na -Licht wurden folgende Zahlen erhalten:

A Interferenzfarbe lichtgelb, rechts . . .	$d = 111 \mu$, $\omega - \varepsilon = 0.0044$
B Interferenzfarbe tiefbraungelb, rechts	$d = 108 \mu$, $\omega - \varepsilon = 0.0048$
C Interferenzfarbe blau, Mitte . . .	$d = 105 \mu$, $\omega - \varepsilon = 0.0056$
D Interferenzfarbe gelb, linker Rand . . .	$d = 85 \mu$, $\omega - \varepsilon = 0.0057$

Der obere Theil des Krystalles — Basis mit den Pyramidenflächen, ungefähr 0.6 Millimeter dick, wurde abgeschnitten. Feldertheilung war hier nicht zu beobachten, stellenweise zeigte er ein Geflecht doppeltbrechender Lamellen $\parallel a$ und a' . Das schwarze Kreuz öffnet sich nirgends merklich. Dem entspricht die Beobachtung, dass am Kopfende des Krystalles die isomorphe Schichtung der Basis parallel geht. Aus dem Rest des Krystalles wurde ein Prisma von $24^\circ 26'$ brechendem Winkel geschliffen. $\omega = 1.705$, $\varepsilon = 1.701$, also sehr niedere Werte. Die Bestimmung der Brechungsexponenten war sehr erschwert durch die starke Streifung im Innern des Kry-

stalles, so dass infolge Verbreiterung durch Beugung statt des Websky-Goldschmidt'schen Spaltes das Punktsignal verwendet werden musste. Selbstverständlich wurde eine Stelle mit Streifung $\parallel 001$ gewählt, so dass das Signal in verticaler Richtung verbreitert war.

Der zur Untersuchung verwendete Schliff zeigte schwachbräunliche, an den Rändern weisse Interferenzfarbe. Wie die vorstehende Tabelle 7 ergibt, entspricht er dem rechts liegenden Theile des anderen Schliffes.

Von einer Construction der Curven gleicher Phasendifferenz wurde wegen der relativ schwachen Dispersion der Doppelbrechung abgesehen.

VI. Wiluit.

Von dem circa 2 Centimeter langen und 1 Centimeter dicken grünbraunen Krystall, der die gewöhnliche Begrenzung zeigte, wurde eine 1·3 Millimeter dicke Kappe abgeschnitten. Dieselbe zeigte die von Prendel (25) und Brauns (2) beschriebene Kreuzlamellirung. Stellenweise öffnete sich das Kreuz deutlich bis zu $2E = 17^\circ$ circa.

Von dem Krystall wurden ferner zwei Schliffe parallel einer Prismenfläche angefertigt, einer vom Rande, der andere nahe der Mitte des Krystalles. Letzterer zeigte die von Prendel beschriebene Sanduhrstructur, entsprechend den Anwachskegeln von Basis, Pyramide und Prisma. Das Präparat, in dem, sowie in dem zweiten, zahlreiche Einschlüsse von kleinen, braunen bis farblosen scharfen Krystallen $\{110\}$ von Granat vorhanden waren, zeigte sehr starke isomorphe Schichtung, wodurch die ganze Fläche fein gestreift erschien. Die Interferenzfarbe war blau bis grün, nur in der Nähe der Ränder, wo der Schliff dünner war, traten auch rothe Stellen auf. Die Anwachskegel der Basis zeigten im allgemeinen höhere Töne (grün) und schwächere Streifung als die der Prismen, letztere machten dadurch eine Messung der Dispersion in diesem Schliffe (also \perp Axenebene) unmöglich. Bei *Na*-Licht wurde $\epsilon - \omega = 0\cdot0045$ erhalten, die Wiederholung im gewöhnlichen Lichte an einer Stelle von rother Interferenzfarbe (Dicke 111μ) ergab für die Grenze zwischen dem schwarzen Streif und dessen blauen Saume $0\cdot00467$. Mit der in der Tabelle 8 enthaltenen Doppelbrechung für das zweite

Präparat würde sich nach der Formel $\cos^2 V = \frac{\gamma - \beta}{\gamma - \alpha}$ ein Axen-

Tabelle 8.

Wiluit. (Fig. 9, Nr. 8.)

A. Sanduhrförmiger Kern, Interferenzfarbe blaugrün.

	Verschiebung (l)					Doppelbrechung ($\varepsilon-\omega$) 0'00 . . .						
	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$	Mittel	Mittlere Fehler
<i>B</i>	— 1741	— 1282	— 814	— 367	+ 95	491	492	486	494	492	490	0026
<i>D</i>	1630	1245	846	459	— 65	511	514	509	512	510	511	0014
<i>b</i>	1556	1216	876	545	205	539	538	537	541	540	539	0012
<i>F</i>	1531	1215	901	590	278	558	557	557	560	560	558	0012
<i>G</i>	1508	1233	952	681	406	602	602	597	600	600	600	0014

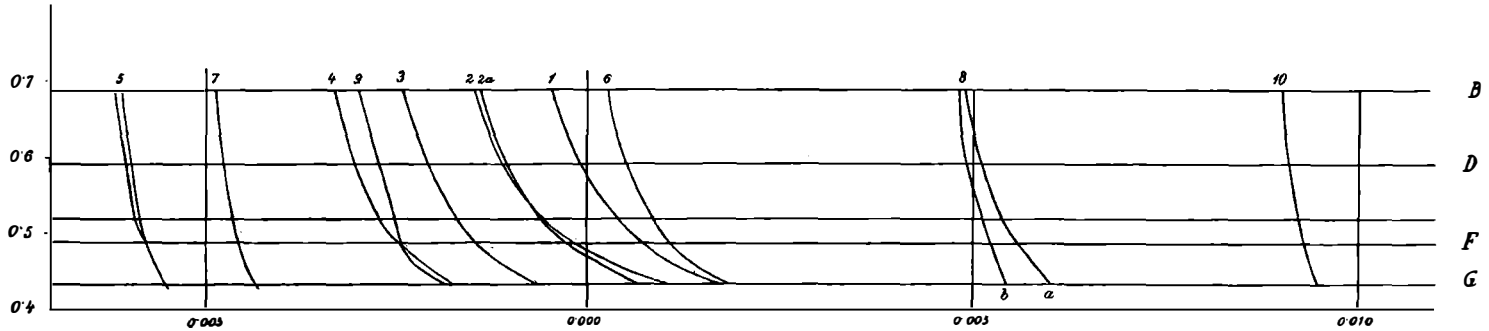
Dicke 125·1 μ , 12 Beobachtungsreihen.

B. Anwachskegel der Prismen, Interferenzfarbe dunkelgelb.

	Verschiebung (l)					Doppelbrechung ($\varepsilon-\omega$, scil. $\gamma-a$) 0'00 . . .						
	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$	$-\lambda$	$-\frac{\lambda}{2}$	C	$+\frac{\lambda}{2}$	$+\lambda$	Mittel	Mittlere Fehler
<i>B</i>	— 1467	— 1003	— 531	— 86	+ 380	489	485	473	486	480	483	0048
<i>D</i>	1335	944	517	158	233	497	496	491	492	492	494	0024
<i>b</i>	1237	900	557	220	117	513	514	509	510	510	511	0018
<i>F</i>	1202	878	565	251	+ 62	529	521	521	521	522	523	0026
<i>G</i>	1139	855	586	306	— 31	540	543	548	543	542	542	0020

Dicke 83·9 μ , 12 Beobachtungsreihen.

Fig. 11.



Doppelbrechung der untersuchten Vesuviane.

1. Idokras von der Poljakowskischen Grube.
2. „ „ Ala, grün, Interferenzfarbe roth.
- 2 α . Derselbe vom zweiten Schliff.
3. „ Interferenzfarbe gelb, erster Schliff.
4. „ gestreifte Anwachsstelle, dritter Schliff.
5. Vesuvian von Ala, braun.

6. Idokras von Canzocoli.
7. Vesuvian von Sandford.
8. Wiluit. a) Anwachskegel der Basis.
b) Randfläche.
9. Vesuvian vom Vesuv, lichtbraun.
10. Quarz nach Macé de Lépinay.

winkel von $2V = 26^\circ$ berechnen, doch hält der Autor diesen Schluss wegen der isomorphen Schichtung nicht für statthaft. Die Mitte des Präparates zeigte blaue Interferenzfarbe und schwammige, an schwarzen Einschlüssen reiche Beschaffenheit. Die Anwachskegel der Basis zeigten hie und da Stellen von unregelmässiger Begrenzung, die eine federartige Structur und etwas geringere Doppelbrechung als ihre Umgebung besaßen.

Der Schliff vom Rande des Krystalles war etwas dünner, er zeigte gelbe Interferenzfarbe. Von isomorpher Schichtung und natürlich auch von der Sanduhrform war fast nichts zu sehen, das Feld war ziemlich gleichmässig gefärbt. Tabelle 8 A gibt die Resultate der Messungen an den Anwachskegeln der Basis, B an dem Schliffe der Randfläche.

Der Brechungsexponent, erhalten an einem Prisma, das aus dem zwischen beiden Schliffen gelegenen Stücke geschliffen war, betrug $\varepsilon = 1.721$, $\omega = 1.716$.

Die Betrachtung dieser Zahlen lehrt, dass die Anwachskegel der Basis und jene der Prismen sich nicht nur durch das Auftreten der optischen Anomalien unterscheiden, sondern auch durch die Stärke der Doppelbrechung und die Dispersion derselben, und zwar ist letztere bei den Prismen geringer. Diese Verschiedenheit der Zahlen kann nicht auf Beobachtungsfehler geschoben werden; sie gibt sich deutlich kund in der Färbung des Compensationsstreifens. Während derselbe bei den Anwachskegeln der Basis intensiv gefärbt erscheint (steht c von rechts nach links, so ist links blau, rechts gelb, in der Mitte eine feine rothe Linie), zeigt er bei denen der Prismen nur einen mehr oder minder breiten, links graublauen, rechts braungelben Saum. Die Anwachskegeln der Pyramiden halten zwischen beiden die Mitte. Die oben erwähnten Flecken von niedererer Doppelbrechung innerhalb der Basiskegeln zeigen die gleiche Färbung des Compensationsstreifens wie die Prismenkegel und gehören wohl der Substanz der letzteren an. Erhitzungsversuche schlugen fehl, da dem Verfasser ein geeigneter Apparat nicht zur Verfügung stand. Temperaturwechsel innerhalb der Grenzen, welche der Canadabalsam gestattet, hatten keinen wahrnehmbaren Einfluss auf die Färbung des Compensationsstreifens, ebensowenig änderte sich dieselbe nach dem Glühen.

Ausser diesen etwas genauer gemessenen Species vom Vesuvian wurde eine Reihe anderer Vorkommen nur cursorisch untersucht. Zunächst wurde ein lichtbrauner Krystall von einer Stufe aus der Sammlung des Verfassers, die der Paragenesis nach (Granat und Meroxen; in einem Drusenraum die Vesuviankrystalle mit Sodalith) vom Vesuv stammen dürfte,^s beobachtet. Ein ziemlich stark keilförmiger Schliff¹⁾ zeigte licht- bis dunkelgrüne, auf einer Seite aber tiefviolette Interferenzfarbe, zwischen beiden Tönen lag ein fast schwarzer Streifen. An einer lichtgrünen Stelle von der Dicke = 258 μ wurde für *B*, *F*, *G* und für *Na*-Licht die Doppelbrechung gemessen. Dabei wurde für jede Fraunhofer'sche Linie separat bei zwei um 90° verschiedenen Stellungen des Präparates abgelesen. Anzahl der Wiederholungen 3mal für *F*, *B* und *Na*-Licht, 10mal für *G*. Es wurde gefunden: $\omega - \varepsilon$ für *B* 0.00301, *D* 0.00274, *F* 0.00245, *G* 0.00187 (Nr. 9 des Diagramms Fig. 11).

Während also die Doppelbrechung von roth bis blau sich verhältnismässig wenig ändert, nimmt sie von *F* bis *G* rapid ab. Der Compensationsstreifen war bei diesem Präparate, entsprechend der grösseren Dicke, stark gefärbt, der Streifen $-\frac{\lambda}{2}$ war, vom Compensationsstreif aus gerechnet, blau, dann, getrennt durch eine feine rothe Linie, gelb, $-\lambda$ war violett-schwarz-grasgrün gefärbt, $-\frac{3\lambda}{2}$ rosa und blaugrün; -2λ fuchsroth und blau gefärbt. Rechts und links von dem violett und grün gefärbten Streifen war das Feld farblos. Der Compensationsstreif, der hier schon unkenntlich ist, wurde wieder durch Betrachtung keilförmiger Randpartien ermittelt. Wegen der interessanten Farbenfolge wurde trotz der geringen Genauigkeit der Messung das Diagramm der Phasendifferenzen für einen dünnen Keil construirt (Tafel II, Fig. 4). Dasselbe wurde, ebenso wie das aus einem Krystalle derselben Stufe hergestellte Keilpräparat, bereits in der Einleitung besprochen.

Von anderen Vesuvianvorkommen wurden untersucht: 1. Cziklowa, gelbgrün; 2. Slatoust, grün; 3. lichtgrüne Krystalle von Zer-

¹⁾ Mit Ausnahme der Präparate von Idokras von Cziklowa und Cirque d'Arbizon wurden die folgenden Präparate vom Verfasser hergestellt, während die früheren die Firma Voigt und Hochgesang verfertigt hatte.

matt; 4. ein brauner Krystall von Rymfischwäng (?); 5. Monzoni, gelbe Krystalle; 6. Eker, grün; 7. Egg, braun; 8. Vesuv, dunkelbraun; 9. Cirque d'Arbizon, braun; 10. Haslau (Egeran); 11. rothe Krystalle (Manganvesuvian von Aosta).

Das Material hiezu wurde, mit Ausnahme der Präparate von Cziklowa, Vesuv, Cirque d'Arbizon und Haslau dem Verfasser von der Leitung der mineralogischen Abtheilung des k. k. naturhistorischen Hofmuseums in liebenswürdigster Weise zur Verfügung gestellt, wofür der Autor an dieser Stelle seinen wärmsten Dank ausspricht. Die einzelnen Beobachtungen sollen kurz erwähnt werden.

1. Cziklowa, Bruchstück eines grünen Krystalles mit vorzugsweise pyramidalen Flächen. Zwischen gekreuzten Nicols zeigen die Präparate in der 45° -Stellung in der Mitte unregelmässig vertheilte Felder, am Rande parallel der äusseren Begrenzung liegende Streifen von gelbbrauner, rother, violetter oder blauer Farbe. Der Compensationsstreif ist stark gefärbt, aber nicht merklich verschoben. Je nach der Farbe des Präparates geht die *O*-Marke durch den gelben, rothen oder blauen Theil des Compensationsstreifes. Stellenweise ist die Substanz nicht ganz frisch und zeigt stark doppelbrechende Einschlüsse. Der optische Charakter schwankt also um den *O*-Punkt, wie dies Klein (15) und Weibull (35) schon beobachtet haben.

2. Slatoust, Ural. Acqu.-Nr. der Stufe *A p* 684. Grüne Krystalle, dicksäulenförmig, von *m*, *p*, *c* vorwiegend begrenzt. Bei gekreuzten Nicols gelb, Compensationsstreif bei einer Dicke von 102μ stark gefärbt, $-\lambda$ violett und grün. Das Präparat zeigt im Spectroskop einen Absorptionsstreif bei $\lambda = 0.445 \mu$, für welche Farbe es isotrop ist. Es wurde gemessen $\varepsilon - \omega =$ für *B*—0.00132, *D*—0.00102, *F*—0.00042, *G*+0.00038. Ein Keil aus einem anderen Krystalle geschliffen zeigte vorzugsweise breite gelbliche und schmale, innen violette, aussen grüne Streifen. Die Absorptionsstreifen im Spectrum (Spalt \perp auf die brechende Kante) zeigten einen Gipfelpunkt im Gelbroth und bogen im blauen Theile stark von der spitzen Kante weg. Der Idokras von Slatoust zeigt also ein ähnliches Verhalten wie der von Ala mit grüner Farbe.

3. Lichtgrüne kleine säulenförmige Krystalle von Zermatt. Acqu.-Nr. *D* 1560. Begrenzung ähnlich wie bei Poljakowsk (*a*, *m*, *s*), Dicke circa 290μ . Compensationsstreif sehr wenig auf die

negative Seite verschoben, sehr stark gefärbt, — 2λ zeigt erst die violetten und grünen Töne, — λ ist blau und gelb. Die Dispersion ist also sehr stark, die Doppelbrechung nahe an O .

4. Eine Stufe mit der Acquis.-Nr. *Av* 255 trägt auf der Etiquette von Krantz den Fundort: „Berner Oberland“, später wurde dazu bemerkt: „Wahrscheinlich Rymfischwäng.“ Die dicksäulen- bis nadelförmigen Krystalle sind von grünbrauner Farbe. Eine dünne Nadel zeigte tief violette und grüne Interferenzfarbe mit schwarzem Trennungstreif. Der Compensationsstreif ist stark gefärbt, aber schwächer als bei dem vorigen. — λ ist grün und violett. $\omega - \varepsilon$ für die blaue Stelle des Compensationsstreifs (Grenze gegen blau) 0·0033 für eine rothe Stelle 0·0026 (?). Die Verhältnisse also ähnlich wie beim braunen Krystall vom Vesuv.

5. Kleine gelbe Krystalle von Monzoni. Acqu.-Nr. *Ap* 668. Der optische Charakter schwankt wie beim Idokras von Cziklowa, stellenweise merklich +.

Braune Krystalle mit dem Fundorte „Fassathal“, Acqu.-Nr. *Ah* 191, zeigten dasselbe Verhalten wie IV. Canzocoli.

6. Eker, Norwegen, Acqu.-Nr. *Ah* 168. Bräunlichgrüne Krystalle, dicksäulenförmig, Begrenzung wie bei 2 (Slatoust). Dicke des Präparates 179μ . Interferenzfarbe tiefblauviolett, an einer etwas dickeren Stelle saftgrün. $\omega - \varepsilon$ für *Na*-Licht 0·00238, also ähnlich wie Slatoust, aber schwächer dispergirt. Compensationsstreif stark gefärbt, — λ violett, grün.

7. Egg, Acqu.-Nr. *Ah* 180. Grosse, braune, stengelige Massen. Pleochroismus des Schliffes. ε gelblichgrün, ω bräunlichweiss. $\omega - \varepsilon$ für *Na* 0·0048. Bei einer Dicke von 127μ ist der Compensationsstreif ziemlich stark gefärbt, — λ fuchsroth bis lichtblau. Die Dispersion ist also schwächer als beim Vesuvian vom Vesuv. Die Farbenfolge ist ziemlich normal (Interferenzfarbe des Präparates blau).

8. Vesuv, dunkelbraun. Stengeliger Krystall. Interferenzfarbe bei $d = 132\mu$ nicht deutlich, an dickeren Stellen fuchsroth, dann lichtblau. Compensationsstreif stark gefärbt, — λ fuchsroth bis lichtblau. Dispersion also schwächer wie bei den früher beschriebenen lichtbraunen Krystallen. Ueber die Interferenzfarben der Präparate vgl. pag. 149.

9. Cirque d'Arbizon. Braune Krystalle von der Begrenzung α , m , c . Das Stück, dem der benützte Krystall entstammt, ist feinkrystallinischer, bläulichweisser Kalkstein mit Bändern von Vesuvian und zahlreichen Granatkrystallen. Es wurde gelegentlich der Excursion III des VIII. Internationalen Geologencongresses (Pyrenäen; 18) an Ort und Stelle gesammelt. Dicke des Präparates 95μ . Interferenzfarbe weiss. $\omega - \varepsilon$ für Na -Licht 0.00310 , für G ca. 0.0026 , Dispersion also ähnlich wie bei dem vom Vesuv.

10. Haslau b. Eger. Braune, stengelige Massen mit deutlicher Absonderung nach m , die sogar gute Spaltblättchen liefert, Doppelbrechung für Na -Licht 0.00524 , wenig dispergirt, der Compensationsstreif ist bei einer Dicke des Blättchens von 122μ nur wenig gefärbt. Folge der Interferenzfarben normal.

11. Rothe, stengelige Krystalle von Aosta. Acqu.-Nr. $A p 691$. Pleochroismus sehr schwach, $\omega > \varepsilon$ röthlichbraun, Doppelbrechung für Na -Licht 0.00635 , also verhältnismässig sehr stark. Dispersion schwach, nur in dickeren Präparaten ist der Compensationsstreif merklich gefärbt ($\omega - \varepsilon$) Roth $>$ ($\omega - \varepsilon$) blau.

Wie aus diesen Beobachtungen hervorgeht, wechselt die Doppelbrechung beim Vesuvian in weit grösseren Grenzen, als Rosenbusch in der Mikroskopischen Physiographie angibt (29). Es ist nun die Frage, ob irgend ein Zusammenhang mit der chemischen Natur des Minerals zu erkennen ist. Diese Frage konnte der Verfasser zur Zeit nicht lösen. Erstens gestattete in der Mehrzahl der Fälle das Material keine chemische Analyse, zweitens ist der Verfasser in quantitativer Silicatanalyse zu wenig geübt, um an dem selbst bedeutenden Analytikern Schwierigkeiten bereitenden Minerale sichere und genaue Ergebnisse zu erringen. Auch die vorhandenen Analysen bieten keine sicheren Anhaltspunkte. Manche Varietäten, die hier untersucht wurden, sind noch gar nicht analysirt, so z. B. scheint dies beim braunen Vesuvian von Ala der Fall zu sein. Bei anderen Fundorten sind wohl Analysen vorhanden, die optischen Eigenschaften des untersuchten Minerals sind aber nicht beschrieben und eine Identifizierung mit dem hier verwendeten Materiale nicht möglich. Dazu kommt, dass die Mehrzahl der älteren Analysen für eine Discussion unbrauchbar ist, da bei denselben auf den Fluorgehalt keine Rücksicht genommen ist, andererseits auch bei dem Verhältnis von $FeO : Fe_2O_3$ und bei der Bestimmung von Mangan nicht die er-

forderliche Sicherheit obwaltet. Gerade F und M_n sowie das Verhältnis der Oxyde des Eisens scheinen aber bei den optischen Eigenschaften des Vesuvian eine grosse Rolle zu spielen; letztere scheinen überhaupt äusserst empfindlich gegen gewisse, vorderhand noch unbekanntes Factoren in der chemischen Zusammensetzung zu sein. Eine Folge davon ist, dass die optischen Eigenschaften, insbesondere die Doppelbrechung, innerhalb desselben Krystalles wiederholt wechselt, so dass eine chemische Analyse, die ja nur den Durchschnitt gibt, keinen genauen Masstab geben kann. Im folgenden soll gleichwohl versucht werden, einige Beobachtungen über den Einfluss einiger Elemente auf die optischen Eigenschaften des Vesuvians hervorzuheben. Vorher sei eine Tabelle (9) eingeschaltet, die mehrere neuere und ältere Analysen von Material gleichen Fundortes wie das vom Verfasser auf Dispersion der Doppelbrechung geprüfte enthält.

Wie sich aus derselben ergibt, ist der fluorreichste, bisher analysirte Vesuvian der von Sandford. Er zeigt hohe negative Doppelbrechung mit schwacher Dispersion. Der Brechungsexponent ist sehr nieder, 1.705 gegen 1.721 bei dem grünen von Ala. Letztere Erscheinung ist bei fluorhaltigen Mineralen nicht selten. Es liegt nun nahe, auch die schwache Dispersion auf den Fluorgehalt zurückzuführen. Diese Annahme wird durch einige Thatsachen unterstützt.

Die Vesuviane von Egg, Haslau, einige Varietäten vom Vesuv besitzen einen Fluorgehalt und ebenfalls schwächere Dispersion. Im Vesuvian vom Cirque d'Arbizon wies der Verfasser vor dem Löthrohr mittels Fernambucpapier beim Schmelzen mit Phosphorsalz Fluor nach (Gelbfärbung des Papiers). Auch der braune Vesuvian von Ala gibt die Fl -Reaction, daneben allerdings noch eine blauröthliche Färbung, wie sie andere Säuren hervorbringen. Diese Varietät besitzt aber im Gegentheil zu dem von Sandford einen weit höheren Brechungsexponenten. Man könnte daher an einen ähnlichen Einfluss eines anderen Elementes denken. Weitere Ausnahmen bilden die Vesuviane von Eker und Rymfischwäng. In ersterem fand Vogel einen fast gleich grossen Fl -Gehalt wie in dem von Egg, während er sich in der Doppelbrechung dem stark dispergirten von Slatoust nähert, doch ist er etwas schwächer dispergirend. Der braune Vesuvian von Rymfischwäng soll kein Fluor enthalten, seine optischen Eigenschaften sind aber fast dieselben wie bei dem von Eker (die Farbe ausgenommen!) oder dem vom Vesuv.

Tabelle 9.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
<i>SiO₂</i>	38·18	37·18	37·36	37·35	37·50	36·29	37·97	37·15
<i>TiO₂</i>	—	0·40	0·18	—	0·28	—	—	0·50
<i>B₂O₃</i>	—	—	—	—	—	—	0·10	—
<i>Al₂O₃</i>	14·34	17·12	16·30	11·85	16·23	16·31	16·25	15·73
<i>Fe₂O₃</i>	5·26	2·94	4·02	9·23	3·76	3·85	3·87	3·28
<i>FeO</i>	0·61	0·62	0·39		0·33	1·23	0·55	1·94
<i>MnO</i>	2·10	Spur	—	—	—	—	—	0·52
<i>MgO</i>	6·20	3·56	3·02	6·03	3·13	2·70	2·46	2·64
<i>CaO</i>	32·69	34·35	36·65	32·70	36·31	36·01	35·34	35·49
<i>Na₂O</i>	—	0·29	Spur	—	Spur	1·36	0·28	0·67
<i>K₂O</i>	—	0·36		—		0·23	0·13	0·38
<i>H₂O</i>	—	2·99	2·89	2·72	2·14	3·41	2·68	1·97
<i>F</i>	—	—	—	—	—	—	—	1·68
Summe	99·38	100·81	100·81	99·90	99·68	101·39	99·63	101·95

I. Idokras von Poljakowsk; Analyse von Herrmann (9).

II. Idokras von Ala, grün; Analyse von Vogel (34), pag. 57.

III. Idokras von Ala, grün; Analyse von Ludwig und Renard (20).

IV. Idokras von Ala, grün; Analyse von Scheerer; Pogg. Annalen 95, 523.

V. Idokras von Monzoni; Analyse von Ludwig und Renard (20).

VI. Idokras von Canzocoli; Analyse von Vogel (34), pag. 57.

VII. Idokras von Cziklowa; Analyse von Weibull (35), pag. 27.

VIII. Vesuvian vom Vesuv, lichtbraun; Analyse von Jannasch (13).

Tabelle 9 (Fortsetzung).

	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
<i>SiO₂</i>	36·38	36·68	36·99	37·49	36·96	39·54	37·32	36·01
<i>TiO₂</i>	4·28	0·41	0·89	—	1·35	—	—	1·30
<i>B₂O₃</i>	—	—	—	—	—	—	—	2·81
<i>Al₂O₃</i>	12·29	16·70	15·43	16·03	16·18	11·00	16·87	12·23
<i>Fe₂O₃</i>	2·77	2·62	3·46	2·79	2·43	} 8·00	2·57	2·18
<i>FeO</i>	2·14	2·76	1·51	3·08	2·47		2·38	1·49
<i>MnO</i>	0·37	Spur	Spur	0·37	Spur	7·10	3·23	0·15
<i>MgO</i>	2·94	2·51	3·04	2·13	2·67	—	0·67	6·05
<i>CaO</i>	35·56	34·97	35·81	33·84	35·11	34·29	34·46	35·81
<i>Na₂O</i>	0·95	1·18	0·81	1·83	1·25	} 2·88	—	0·45
<i>K₂O</i>	0·42	0·25	0·18	0·16	0·12		—	0·72
<i>H₂O</i>	2·68	1·15	0·87	1·25	0·86		2·22	1·34
<i>F</i>	0·00	1·32	1·35	1·92	1·7	—	—	0·22
Summe	100·78	100·55	100·34	100·89	101·10	—	99·72	100·04

IX. Vesuvian vom Vesuv, dunkelbraun; Analyse von Jannasch (13).

X. Vesuvian von Egg, braun; Analyse von Vogel (34).

XI. Vesuvian von Eker, Würfel, Kr.; Analyse von Vogel (34).

XII. Vesuvian von Sandford; Analyse von Vogel (34).

XIII. Vesuvian von Haslau; Analyse von Vogel (34).

XIV. Manganidokras von Ala; Analyse von Sismonda (31).

XV. Manganidokras von Jordansmühl; Analyse von Lasaulx (19).

XVI. Wiluit von Wilui; Analyse von Jannasch (13).

Tab. 9 lehrt, dass diese Vesuviane, die auch meist eine braune Farbe zeigen, wie Weibull (35, pag. 35) bemerkt, sich durch einen relativ hohen Gehalt an FeO auszeichnen. Namentlich tritt dies bei den Vesuvianen von Egg und Eker hervor, die beide ziemlich gleichen Gehalt an Fluor besitzen, aber verschieden gefärbt sind. Ein Widerspruch findet sich aber in den Verhältnissen der Idokrase von Monzoni und Predazzo, die sich in ihrem optischen Verhalten sehr ähneln. Letzterer zeigt mehr FeO , sollte daher mehr auf der negativen Seite stehen, hingegen ist er für alle Farben positiv. Sehr wahrscheinlich ist es, dass beide Factoren zusammenwirken, woraus sich auch das Verhalten der Vesuviane von Eker und Rymfischwäng erklärt.

Noch fraglicher als der Einfluss von Fluor und FeO ist der von Mangan. Der Manganvesuvian von Aosta zeigt die stärkste negative Doppelbrechung und die schwächste Dispersion. Leider ist von diesem Vorkommen keine Analyse bekannt, von dem Manganidokras von Jordansmühl (19) und den violetten Vesuvianen von Ala (31) hatte der Autor kein Material zur Verfügung; der schwedische, dichte Furgårdit ist zur Untersuchung ungeeignet. Herrmann (9) gibt beim Idokras von Poljakowsk einen Mangangehalt von 2·1 Procent an. Derselbe zeigt keine Spur von Rothfärbung, die Thatsache aber, dass Lasaulx in einem farblosen Vesuvian von Gleinitz 3 Procent Mn fand, würde für eine Erklärung der lichten Farbe dieses Idokrases durch den Mn -Gehalt sprechen. Herr Prof. Dr. Munteanu-Murgoci hat, zufolge einer gütigen mündlichen Mittheilung, den Mangel starker Dispersion der Doppelbrechung an Manganvesuvianen constatirt. Damit würden freilich die optischen Verhältnisse dieses Idokrases nicht stimmen. Der braune Vesuvian von Ala weist durch seinen hohen Brechungsexponent auf einen anderen Factor ausser Fluor hin, der die niedere Dispersion verursacht. Mn , auf das man etwa denken könnte, schon wegen des Zusammenhanges mit den violetten Vesuvianen von Ala, der nach den Angaben von Brezina (3) und Zepharovich (37) zu existiren scheint, liess sich durch die empfindliche Reaction der Borax- oder Phosphorsalzperle auch beim Eintauchen in Salpeter nicht nachweisen; es müsste also ein sehr hoher Gehalt an FeO vorhanden sein, doch sind für eine solche Annahme die Fundamente noch nicht sicher genug. Der Gehalt von 7% Mn , den Zepharovich (37) für den braunen Vesuvian von Ala citirt, bezieht sich, wie erwähnt, nicht auf einen braunen, sondern auf einen roth-violetten Krystall.

Eine Ausnahmsstellung in optischer und chemischer Beziehung nimmt der Wiluit ein; einerseits durch die starke positive, aber schwach dispergirte Doppelbrechung, andererseits vor allem durch seinen erst in neuerer Zeit von Jannasch (12) und Weingarten gefundenen, ziemlich grossen Gehalt an Borsäure. Dass dieser einen grossen Einfluss auf die optischen Eigenschaften nehmen wird, ist sehr wahrscheinlich; Verfasser möchte den Wiluit daher nicht, wie Brauns es thut, als typischen Vertreter der positiven Vesuviane ansehen. Mittelglieder zwischen ihm und dem positiven Idokras von Predazzo sind nicht bekannt. Bei letzterem wurde bis jetzt Bor noch nicht nachgewiesen, ebensowenig beim Idokras von Monzoni. Weibull führt die theilweise positive Doppelbrechung am Idokras von Cziklowa auf einen kleinen Gehalt an B_2O_3 zurück; diese Muthmassung scheint demnach, solange die Idokrase von Canzocoli und Monzoni noch nicht auf Bor geprüft sind, sehr unsicher, eher dürfte vielleicht, wie oben angedeutet, bei Cziklowa und Monzoni das Verhältnis $Fe_2O_3 : FeO$ von Einfluss sein. Auch zwischen der Dispersion der Doppelbrechung und dem Brechungsexponenten selbst kann ein bestimmter Zusammenhang nicht gefunden werden, wie aus dem Vergleich der früher angegebenen Indices mit Fig. 9, auf der die Doppelbrechung der untersuchten Präparate für verschiedene Farben graphisch dargestellt ist, hervorgeht. So wurde schon oben erwähnt, dass der braune Vesuvian von Ala einen höheren, der von Sandford einen niederen Brechungsexponenten besitzt als der grüne. Der Idokras von Poljakowsk steht in Bezug auf Dispersion der Doppelbrechung zwischen dem grünen von Ala und dem braunen von Canzocoli, sein Brechungsexponent ist niederer als der der beiden anderen Varietäten. Der Wiluit besitzt die gleiche Lichtbrechung für den ordentlichen Strahl wie der Idokras von Canzocoli.

Aus alledem glaubt der Verfasser den Schluss ziehen zu müssen, dass der Vesuvian nicht als Mischung nur eines positiven und eines negativen Endgliedes anzusehen ist, sondern dass mehrere negative und vielleicht auch mehr als ein positives vorhanden sind.

Bezüglich der krystallographischen Aufstellung des Vesuvians möchte sich der Autor der Ansicht Goldschmidt's ¹⁾ anschliessen, der

¹⁾ V. Goldschmidt, Entwicklung der Krystallformen, II. Zeitschr. f. Kryst., 1897, XXVIII, 128.

die Levy'sche Aufstellung: $p = \{101\}$ vorzieht. Es besteht bekanntlich eine Beziehung zwischen Spaltbarkeit und krystallographischer Hauptaxe, die, wenn auch nicht in allen, so doch in vielen Fällen zutrifft.¹⁾ Da die prismatische Spaltbarkeit beim Vesuvian nicht sehr deutlich ist, ja sogar einer solchen nach der Basis Platz machen kann, wie bei dem Vorkommen von Predazzo, so würde eine etwas weniger kurze Hauptaxe besser zu der Regel stimmen. Dieses Argument ist für sich allein nicht ausschlaggebend, es wird aber unterstützt durch die dodekaedrische Anlage des Vesuvians, die Goldschmidt hervorhebt und die gut zu den optischen Eigenschaften des Mineralen passt. Auch ist dadurch der Aehnlichkeit mit Granat Rechnung getragen.

Eine andere Frage, die sich bei der Betrachtung der mitgetheilten Resultate aufdrängt, ist die nach dem Zusammenhang mit den optischen Anomalien des Vesuvians. Von diesen kann hier, wie aus den obigen Untersuchungen hervorgeht, zunächst nur die schiefe Auslöschung berücksichtigt werden, da in Bezug auf den Axenwinkel hier zu wenig Beobachtungen gemacht wurden. Es wäre hiezu erforderlich, die Dispersion der Doppelbrechung in Schnitten senkrecht auf die spitze Bisectrix zu messen. Wie oben beim Wiluit betont wurde, ist die isomorphe Schichtung ein Hindernis bei der Vergleichung der Resultate an zwei verschiedenen Schlifren. Auf die Schwierigkeiten, welche der Anwendung des Totalreflectometers entgegenstehen, wurde schon eingangs hingewiesen. Was die Auslöschungsschiefe anbelangt, so ist zunächst auffallend, dass diese bei dem stark dispergirenden Idokras von der Poljakowski'schen Grube ebenfalls stark dispergirt ist, nicht aber am braunen Vesuvian von Ala. Bei ersterem ist sie auch entgegengesetzt für die beiden Enden des Spectrums, genau wie die Doppelbrechung. Ihre Gebundenheit an solche Stellen des Krystals, die eine von den äusseren Umrissen unabhängige Begrenzung zeigen, spricht deutlich dafür, dass sie nicht primärer Natur ist, sondern eine Folge der Wachsthumerscheinungen. Auch beim braunen Vesuvian von Ala ist die Vertheilung der schief auslöschenden, scheinbaren Aufbau durch Verzwillingung anzeigenden Lamellen eine unregelmässige, wenn auch der Zusammen-

¹⁾ Mallard, *Traité de Cristallographie*, I, 302 u. ff.

hang mit den Wachsthumerscheinungen nicht so klar hervortritt wie beim vorigen.

Von grösserer Bedeutung für die durchgeführten Untersuchungen sind die Abweichungen in der Reihenfolge der Interferenzfarben von den Newtonischen. Dieselben wurden schon von Herschel und Brewster am Apophyllit beschrieben. Sie lassen sich leicht aus den Diagrammen ableiten, die nach den Resultaten der Dispersion der Doppelbrechung construiert wurden. Klein (15) stellt ein Schema für den Idokras und den Apophyllit auf, aus dem der Zusammenhang der verschiedenen Chromocyklite in einer Reihe erkenntlich ist.

Brewster, Herschel und Biot (1) war es bekannt, dass die Leukocyklite nicht reinschwarze Curven zeigen, sondern dass dieselben häufig innen violett, aussen gelbgrün gefärbt seien. Das ist die Farbenfolge, die wir am Vesuvian vom Vesuv beobachtet haben. Herschel (10) hat den Durchmesser der Ringe am Interferenzbild eines Apophyllits gemessen, er fand:

Für das äusserste Roth	0·0093066
„ „ Mean green	0·0090643
„ „ Violett	0·0100660

also ein Minimum im Grün, so wie es das Diagramm für die gestreifte Anwachsstelle des grünen Idokras von Ala zeigt. Leukocyklite werden also dann eintreten, wenn die Doppelbrechung mit abnehmender Wellenlänge beträchtlich abnimmt. Da die Dispersion nicht durch die Gleichung einer Geraden ausgedrückt werden kann, so ist ein strenger Leukocyklit nicht möglich, d. h. ein Keil, dessen scharfe Kante der Prismenzone parallel ist, kann nie absolut achromatische Streifen liefern. Für das Interferenzbild im convergenten Lichte sind die Verhältnisse allerdings complicirter. Will man die Bedingung entwickeln, unter welcher eine derartige angenäherte achromatische Farbenfolge eintritt, so kann man zunächst die Doppelbrechung nach dem Schema der Cauchy'schen Dispersionsformel ausdrücken. Ist $\omega = A_1 + \frac{B_1}{\lambda^2}$, $\varepsilon = A_2 + \frac{B_2}{\lambda^2}$, so kann $A_1 - A_2 = a$, $B_1 - B_2 = b$ gesetzt werden. Ist Γ die Doppelbrechung, so ist $\Gamma = a + \frac{b}{\lambda^2}$, wobei b von gleichem oder entgegengesetztem Vorzeichen als a ist. Der Gangunterschied an einer bestimmten Stelle

ist proportional der Dicke und der Doppelbrechung. Sei e die Dicke, so haben wir

$$e = k \frac{\lambda}{\left(a + \frac{b}{\lambda^2}\right)}$$

für die Auslöschung einer Farbe von der Wellenlänge λ . Soll im Spectrum der Interferenzstreif λ ein Minimum der Dicke erfordern, so wird $\frac{de}{d\lambda} = 0$ sein.

$$\text{Daraus ergibt sich } \frac{a + \frac{3b}{\lambda^2}}{\left(a + \frac{b}{\lambda^2}\right)^2} = 0 \quad \text{oder} \quad a + \frac{3b}{\lambda^2} = 0.$$

Das kann nur der Fall sein, wenn b das entgegengesetzte Vorzeichen von a hat.

Eine Prüfung dieser Formel am Vesuvian vom Vesuv und am Idokras von Ala (gestreifte Anwachsstelle) stimmte nicht mit derselben.

Bei ersterem war $a = 0\cdot00376$ zwischen B und D

$$a = 0\cdot00464 \quad \text{„} \quad F \quad \text{„} \quad G.$$

Für F , bei welchem ein Minimum vorhanden sein sollte, stimmte dies durchaus nicht.

Für den grünen Idokras von Ala (Anwachsstelle) wurde berechnet :

	a	b
Aus $B-D$. .	0·00403	0·00034
$D-b$. .	0·00411	0·00037
$b-F$. .	0·00465	0·00051
$F-G$. .	0·00513	0·00063

Aus diesen Grössen ergibt sich ein Minimum für einen Strahl von $\lambda = 0\cdot606-0\cdot526$ im Mittel bei $\lambda = 0\cdot574$, wie die Construction lehrt, liegt es zwischen $b-F$. Da die Cauchy'sche Formel in ihrer ersten Annäherung in der vierten Decimale des Brechungsexponenten nicht mehr genügt, eine weiter entwickelte Formel aber die durch die Genauigkeit der Messung gesteckten Grenzen überschreiten würde, so kann in unserem Falle an Stelle der Rechnung besser die Construction treten. Aus dieser lässt sich die Folge der Interferenzfarben innerhalb der ersten Ordnungen leicht ableiten. Charakteristisch für

solche krystallisirte Körper, bei denen die Dispersion der Doppelbrechung eine Umbiegung der Curven gleicher Phasendifferenz innerhalb des sichtbaren Spectrums verursacht, ist das Auftreten violetter und saft- bis gelbgrüner Töne in der ersten, scil. am Anfange der zweiten Ordnung. In der Einleitung wurde an der Hand der Fig. 3 das Zustandekommen derselben besprochen. Leider ist es nicht in allen Fällen möglich gewesen, die durch Construction abgeleiteten Curven und damit die Farbenfolge durch Beobachtung von Keilen zu prüfen. Die verschiedenen Farbenfolgen, welche durch die Dispersion verursacht werden, lassen sich leichter übersehen durch eine Betrachtung der Erscheinung im Babinet'schen Compensator. Da die Farben im wesentlichen von der Gestalt der Curven gleicher Phasendifferenz abhängen, werden diejenigen Streifen, bei welchen eine Subtraction der Dispersionen im Mineral und im Quarzkeil stattfindet, Aehnlichkeit aufweisen mit jenen eines Keiles, dessen Doppelbrechung mit der Wellenlänge abnimmt, umgekehrt jene, bei denen eine Addition stattfindet, eine solche mit einem Keile, dessen Doppelbrechung mit abnehmender Wellenlänge wächst. Die Färbung des Compensationsstreifens ist dann den Farben zu vergleichen, welche solche dünne Blättchen liefern, die für eine bestimmte Wellenlänge isotrop sind, natürlich nur innerhalb der Grenze von $\frac{1}{2} \lambda$ Phasenunterschied. Die erstere Farbenfolge, die natürlich auch ganz umgekehrt werden kann, wie der grüne Idokras von Ala zeigt, nannte Prof. Becke in seinen Vorlesungen unternormal, die zweite übernormal. Körper, die für eine bestimmte Wellenlänge isotrop sind, werden abnormale Farben $\kappa\tau' \acute{\epsilon}\xi\omicron\chi\eta$ geben. Im Compensator können wir also gleichzeitig unter- und übernormale Farben und diejenigen Töne der abnormalen Farben sehen, die dem Dunkelgrau der ersten Ordnung entsprechen. Und nicht nur das, wir können an einem Präparat, wenn es nicht zu dünn ist, verschiedene Stufen der unternormalen Farben beobachten; die übernormalen freilich werden sich bis zu einer gewissen Grenze von denen des Compensators unterscheiden, da derartige Curven, wie sie z. B. ein Keil des Idokras von Predazzo zeigte, nur sehr selten eintreten werden, denn die Dispersion der Doppelbrechung im Mineral wird durch die Addition derjenigen des Quarzes in ihren Verhältnissen gemildert.

Mallard hat, wie eingangs erwähnt, in seinem Lehrbuche die Bedingungen angegeben, für welche eine andere Stelle als der Com-

pensionsstreif farblos erscheint (23). Dabei macht er die Annahme, dass die Differenz $b-b'$ gegen $a-a'$ sehr gering sei.¹⁾

Wie oben betont wurde, ist die erste Annäherung der Cauchy'schen Dispersionsformel für Fälle wie beim Vesuvian, wo die vierte Decimale in der Doppelbrechung eine wesentliche Rolle spielt, nicht ausreichend, immerhin aber soll hier versucht werden, auf Grund derselben die Bedingung zu entwickeln, wann beim Interferenzstreif λ jene Farben auftreten, welche einem Minimum in der Curve gleichen Phasenunterschiedes entsprechen, denn diese sind es namentlich, welche eine Verwechslung mit dem Compensationsstreifen verursachen. Als Ausgangspunkt diene uns die Verschiebung des Keils, welche erforderlich ist, um den Interferenzstreifen für λ einer bestimmten Farbe auf den 0-Punkt einzustellen.

Es sei l diese Verschiebung, abgelesen am Instrument, e die Dicke des Präparates, $\gamma-\alpha$ dessen Doppelbrechung, $\varepsilon-\omega$ die des Quarzes, k die Instrumentconstante, die im wesentlichen von dem Winkel der beiden Keile abhängt.

$$\text{Es ist } l = \frac{e(\gamma-\alpha) \pm \lambda}{k(\varepsilon-\omega)}.$$

Wir setzen wieder $\gamma-\alpha = a + \frac{b}{\lambda^2}$, $\varepsilon-\omega = f + \frac{g}{\lambda^2}$ (s. pag. 147),

$$l = \frac{e\left(a + \frac{b}{\lambda^2}\right) \pm \lambda}{k\left(f + \frac{g}{\lambda^2}\right)}.$$

¹⁾ Im Texte von Mallard's Werk, pag. 405—406, befinden sich leider eine Anzahl Druckfehler. So soll es auf pag. 405, Zeile 11 von oben statt

$$E = -\varepsilon \frac{a-a'}{A-A'} \left[1 + \frac{1}{\lambda^2} \left(\frac{b-b'}{a-a'} - \frac{B-B'}{A-A'} \right) \right]$$

heissen $E = -\varepsilon \frac{a-a'}{A-A'} \left[1 + \frac{3}{\lambda^2} \left(\frac{b-b'}{a-a'} - \frac{B-B'}{A-A'} \right) \right]$. Zeile 4 von unten statt

$$p(E-E) = -p\varepsilon \frac{a-a'}{A-A'} \left[1 + \frac{2}{\lambda^2} \left(\frac{b-b'}{a-a'} - \frac{B-B'}{A-A'} \right) \right],$$

soll stehen: $-p\varepsilon \frac{a-a'}{A-A'} \cdot \frac{2}{\lambda^2} \left(\frac{b-b'}{a-a'} - \frac{B-B'}{A-A'} \right)$, endlich pag. 406, Zeile 10 von

oben statt $\frac{B-B'}{\lambda^2(A-A')} = 0.52$ soll es heissen ... = 0.052.

Soll ein Minimum vorhanden sein, so ist $\frac{dl}{d\lambda} = 0$, also

$$\frac{2e(ag - bf) \pm \lambda(f\lambda^2 + 3g)}{\lambda^3 k(\epsilon - \omega)^2} = 0.$$

Dies kann natürlich nur dann der Fall sein, wenn der Zähler 0 ist. Ist b negativ, so wird das erste Glied positiv; es muss beim zweiten also das negative Vorzeichen gelten, da f und g positiv sind. Ist b positiv und $bf > ag$, so muss das positive Zeichen von λ gelten. Das heisst also, im ersteren Falle liegen die unternormalen Farben in der entgegengesetzten Richtung vom Compensationsstreif als diejenige ist, in der der letztere verschoben wurde, im zweiten Falle in derselben Richtung. Der Compensationsstreif selbst ist auf der Seite der unternormalen Farben gelb gefärbt. Ist $ag > bf$, so würde der Fall mit dem ersten zusammenfallen, es muss aber, da die Differenz $ag - bf$ nicht sehr gross ist, e gross werden; die Möglichkeit einer Verwechslung ist dann nur bei grossen Dicken vorhanden. Es ist von vorneherein klar, dass, wenn $a = f$, $b = g$ ist, ein Minimum nie eintreten kann, die Gleichung ist dann unabhängig von a und b .

Als Beispiel ist auf Taf. II, Fig. 2 die Färbung der Streifen im Babinet'schen Compensator innerhalb der ersten zwei Ordnungen der Interferenzstreifen gegeben, und zwar für parallele und gekreuzte Nicols; erstere gibt natürlich die Färbung, wenn bei $\frac{\lambda}{2}$ die Auslöschung eintritt. (Das Präparat, das der Abbildung zugrunde liegt, ist der Idokras von Canzocoli.) Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, ein weiteres Stadium der unternormalen Farbentöne bei mittlerer Dicke des Präparates zu beobachten. Die Stellung ist jene, bei der die Hauptaxe des Idokras senkrecht auf den Compensationsstreifen steht. Diese Beobachtungen lehren also: Unternormale Farbenfolge beginnt zunächst mit einer Verengerung des farbigen Streifens, entsprechend einer Aufrichtung des dunklen Streifens im Spectrum. Tritt im Violett ein Gipfelpunkt ein, so wird das Gelb der ersten Ordnung einem Fuchsroth weichen, das Blau der zweiten Ordnung wird lichter. Rückt das Minimum mehr gegen Blau hinauf, so tritt an Stelle des Gelb ein schmutziges Rosa, das Blau erhält einen meergrünen Ton. Fällt der Gangunterschied λ für Roth und Violett

zusammen, so finden wir, wie schon oben erwähnt, statt des Gelb ein tiefes Lila, statt des Blau Saftgrün. An der Grenze beider erscheint ein schwarzer Streif. Zwischen den farbigen Streifen der ersten Ordnungen treten dann weisse auf. Ist das Minimum in die Region der Strahlen grösster Intensität gelangt, so ist das Lila noch mehr bläulich, das Grüne mehr gelblich geworden. Wird endlich das rothe Ende des Spectrums erreicht, so tritt die Umkehrung der Farbenfolge ein, und im Compensator wird der Zweifel obwalten können, ob hier ein schwach dispergirter Compensationsstreif oder ein stark beeinflusster Interferenzstreif vorliegt. Derartige Fälle traten bei den dickeren Präparaten von Vesuvian mit starker Dispersion (z. B. beim Idokras von Zermatt) ein. Der Fall, wo der Compensationsstreif selbst die Farben Lila und Grün zeigt, dürfte selten sein, er wurde, einer gütigen mündlichen Mittheilung zufolge, von Herrn Prof. Becke bei dicken Präparaten von Gips beobachtet. Die früher aufgestellte Formel (pag. 151) reducirt sich auf $e(ag - bf) = 0$, ist also von λ unabhängig, ein Gipfelpunkt demnach nicht vorhanden. Die erste Annäherung der Cauchy'schen Formel ist daher nicht vereinbar mit einem Minimum in der Gestalt des Compensationsstreifens.

In der That geben die bisherigen Beobachter für Gyps eine dreigliedrige Formel mit negativer Constante c , dieselben stimmen aber bei den einzelnen Autoren nicht überein. Während Lang ein Minimum im Gelb findet, findet König¹⁾ durch Extrapolation eine Umkehr der Distanz der Interferenzstreifen im Ultraviolett. Mühlheims, Dufet, Quinke geben im sichtbaren Spectrum keines an.

Uebernormale Farbenfolge ist natürlich zunächst durch eine Verbreiterung der Farbenbänder gekennzeichnet, die grünen Töne der ersten Ordnung erhalten dabei immer mehr einen deutlichen, blauen Stich. Sehr bald werden dann die Töne der höheren Interferenzfarben, die sich durch die Abwechslung zwischen grün und roth und im Spectrum durch das Zusammendrängen von Auslöschungstreifen im stärker brechbaren Ende auszeichnen, eintreten. Letzterer Umstand gilt auch für die abnormalen Farben, bei welchen eine bestimmte, schwächer brechbare Farbe keine Doppelbrechung zeigt. Wie aus Fig. 3 ersichtlich, werden sich Keile solcher Substanzen,

¹⁾ Pogg. Ann. 1899, 69, 1—11.

im Spectroskop betrachtet ¹⁾, dadurch kenntlich machen, dass zwei Curven gegen eine Gerade unsymmetrisch convergiren, ohne sie zu erreichen. Man kommt daher fast plötzlich aus Farben mit einem Absorptionsstreif in solche mit dreien. Von den übernormalen werden sich jene abnormalen, die eine isotrope Stelle im Blau besitzen, durch die zahlreichen Streifen im gelb-rothen Theile unterscheiden. ²⁾

Substanzen, welche eine Mischung aus optisch positiven und optisch negativen Endgliedern bilden, werden natürlich alle drei Kategorien von Farben zeigen, wie dies Sénarmont an Krystallen von unterschwefligsaurem Blei mit unterschwefligsaurem Kalk beobachtete (30). Fock bestätigte diese Erfahrung an Mischkrystallen der unterschwefligsauren Salze von Blei und Strontium (8). Ditscheiner hat diese Erscheinungen mathematisch abgeleitet (6) und zog daraus den Schluss, dass die optischen Verhältnisse nicht immer mit den geometrischen übereinstimmen müssen, betont aber dabei sehr wohl, dass der durch isomorphe Mischung erzielte Isotropismus nur für eine bestimmte Farbe gelte. Das steht allerdings einigermaßen in Widerspruch mit dem ersten Satze, wie Brauns bemerkt, aber der Einwurf, dass Ditscheiner auf die Abhängigkeit von der Wellenlänge vergessen hätte, trifft nicht zu.

In Fig. 10 wurde versucht, die Verhältnisse bei der Mischung zweier einaxiger isomorpher Substanzen mit entgegengesetztem optischen Charakter graphisch anschaulich zu machen. Dabei wurde der Einfachheit halber angenommen, dass die Dufet'sche Formel Geltung habe, was allerdings, wie Fock nachweist, nicht in allen Fällen angenommen werden könne. Die Brechungsindices wurden verringert um eine constante Grösse, als Ordinaten aufgetragen und so gewählt, dass die Differenzen der Doppelbrechung einfache Zahlen sind. Der zur Darstellung gelangende Fall ist der, dass beide Endglieder eine mit abnehmendem λ wachsende, aber entgegengesetzte Doppelbrechung besitzen. Es zeigt sich nun, dass dann eine Stelle vorhanden ist, bei der die Dispersion der Doppelbrechung gleich O wird. Ist Γ die Doppelbrechung des Mischkrystals, p_1 und p_2 die Mengenverhältnisse der beiden Endglieder, a_1 und b_1 die Cauchy'schen Constanten des einen, a_2 und b_2 die des anderen, so ist nach Dufet

¹⁾ Der Spalt steht \perp auf die scharfe Kante.

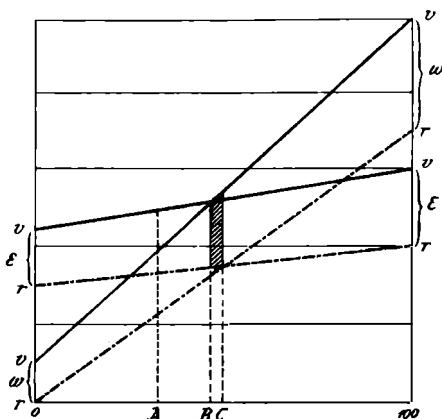
²⁾ Für solche stark dispergirende Substanzen ist natürlich der Michel Levy'sche Comparateur unbrauchbar.

$$\frac{p_1 \left(a_1 + \frac{b_1}{\lambda^2} \right) + p_2 \left(a_2 + \frac{b_2}{\lambda^2} \right)}{p_1 + p_2} = I$$

$$\frac{dI}{d\lambda} = \frac{-2(p_1 b_1 + p_2 b_2)}{\lambda^3 (p_1 + p_2)}$$

Diese Grösse wird 0, wenn $p_1 b_1 + p_2 b_2 = 0$ ist. Ein Maximum oder Minimum kann also bei Annahme der ersten Annäherung der

Fig. 10.



Schematische Darstellung der Dispersion, der Doppelbrechung in einer isomorphen Mischung, deren Endglieder entgegengesetzten optischen Charakter haben.

Die - - - bezeichnet die Linien für rothe Strahlen, die ganz ausgezogene die für violette Strahlen. Die Zahlen für ϵ und ω sind willkürlich gewählt.

Cauchy'schen Formel und der Formel von Dufet nicht eintreten. Bedingung ist natürlich, dass b_1 vom entgegengesetzten Vorzeichen als b_2 ist, während a_1 und a_2 ohne Einfluss bleiben, d. h. die Formel gilt auch dann, wenn die beiden Endglieder denselben optischen Charakter haben, nur muss dann bei dem einen Gliede die Dispersion umgekehrt sein wie beim anderen. Für den dargestellten Fall ergibt sich:

Die positive Dispersion¹⁾ nimmt von dem einen Gliede an ab, sie wird 0 bei A, wird dann negativ, bei B wird die Doppelbrechung für das

¹⁾ So sei jene Dispersion genannt, bei der die Doppelbrechung, wie der Brechungsindex, mit abnehmender Wellenlänge wächst.

eine Ende, bei C für das andere Ende des Spectrums $= O$, dann wächst sie in positivem Sinne bis zum andern Endgliede. Wir haben also von $O—A$ übernormale, bei A ganz normale, von $A—B$ unternormale, zwischen B und C abnormale, von C ab übernormale Farbenfolge. Bei Anwendung complicirterer Formeln werden sich natürlich auch diese Verhältnisse mehr verwickeln. Die Betrachtung der Fig. 9, welche die Doppelbrechung der untersuchten Vesuvianvorkommen in ihrer Abhängigkeit von der Wellenlänge darstellt, ergibt, dass dieselben durch diese einfachen Relationen nicht dargestellt werden können, da mindestens auf der einen Seite eine stetige Zunahme der Dispersion vorhanden sein müsste. Da nun die Brechungsexponenten gar keinen Zusammenhang mit der Dispersion der Doppelbrechung aufweisen, so ist es ganz überflüssig, sich in eine Discussion derselben an der Hand der Zeichnung einzulassen. Um den Zusammenhang mit der chemischen Beschaffenheit der verschiedenen Vesuviane zu erkennen, bedarf es noch weiterer Prüfungen an genau analysirtem Material. Doch dürfte es immerhin möglich sein, manche Varietäten des Vesuvian im Dünnschliff an der Färbung des Compensationsstreifens und des benachbarten Interferenzstreifens $—\lambda$ und besser noch $—\frac{\lambda}{2}$ (letzteres natürlich bei || Nicols) zu erkennen. Von einigem Werth wird diese Methode stets bei Mineralen sein, welche ein Gemenge aus optisch positiven und optisch negativen Endgliedern darstellt, endlich auch bei solchen zwei-axigen Mineralen, bei denen eine starke Aenderung der Doppelbrechung mit der chemischen Zusammensetzung stattfindet, wobei auch die Lage der Axenebene sich ändern kann. Der Verfasser behält sich daher vor, diese Untersuchungen zunächst auf einaxige oder schwach zwei-axige Minerale, wie Apophyllit und Chlorit, später auch auf rhombische und monokline, vor allen auf Zoisit und Epidot auszudehnen.

Berichtigung: pag. 112, Zeile 18 von oben und Zeile 3 von unten lies Fig. 4 statt Fig. 1.

Tafelerklärung.

Taf. I.

Fig. 1. Idokras von Poljakowsk bei + Nicols.

A. Stelle mit blauer Interferenzfarbe.

B. " " gelber "

C. " " rother " und Auslöschungsdispersion.

Vergößerung 10 : 1.

Fig. 2. Idokras von Ala, grün.

A. Stelle mit rother Interferenzfarbe.

B. Gestreifte Anwachsstelle.

Vergößerung 10 : 1.

Fig. 3. Vesuvian von Sandford.

A. Stelle mit blauer Interferenzfarbe, von welcher die Farben in normaler Reihenfolge nach links abfallen.

B. Gelbe Streifen des dickeren Randes.

Vergößerung 10 : 1.

Taf. II.

Fig. 4. Interferenzfarben im Compensator bei Einstellung des Präparates von Canzocoli.

Die Hauptaxe liegt von links nach rechts.

Fig. 5. Interferenzfarben des Vesuvians vom Vesuv bei + Nicols.



Fig. 1.



Fig. 5.

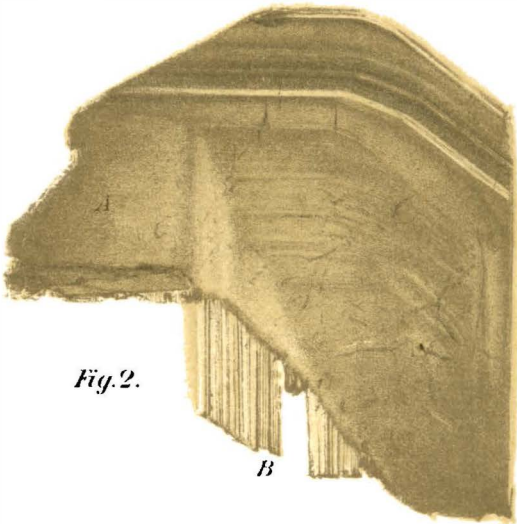


Fig. 2.

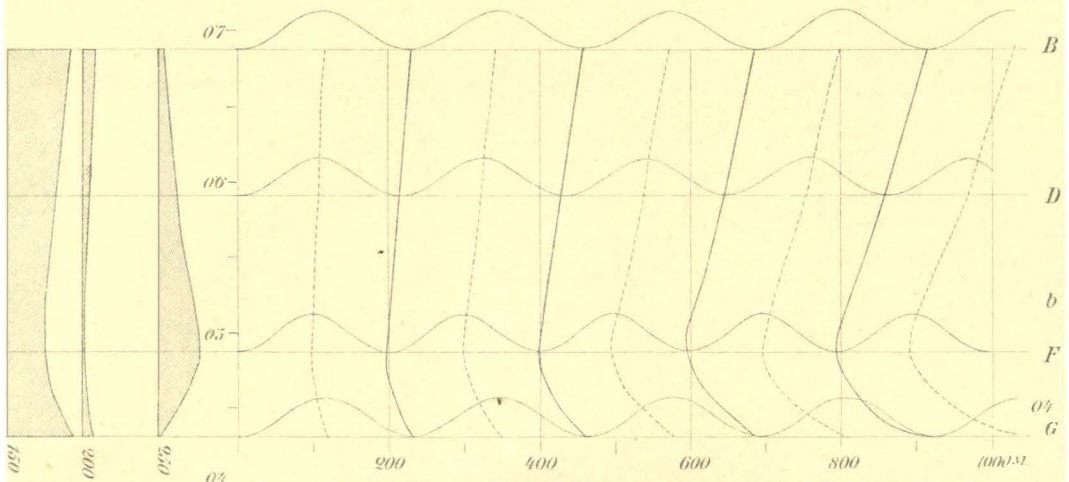


Fig. 4.

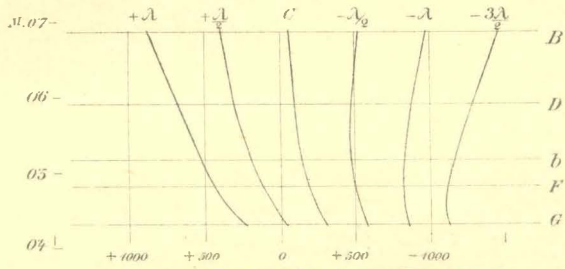
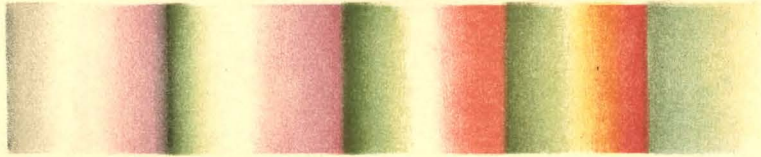
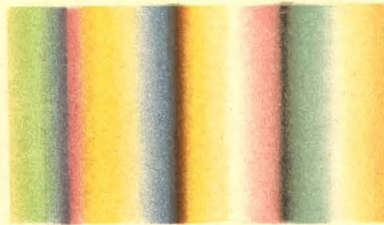


Fig. 5.



+



||