



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Elemente der Mineralogie

Naumann, Carl Friedrich

Leipzig, 1901

§. 108. Winkel der optischen Axen

[urn:nbn:de:hbz:466:1-84232](#)

Zur Ermittelung der relativen Grösse der optischen Elasticität kann man ferner jenen Quarzkeil zu Hülfe nehmen, dessen man sich auch bedient, um im parallelen polarisirten Licht die Bestimmung des optischen Charakters vorzunehmen (S. 225); an demselben ist bekanntlich eine Fläche genau parallel der Hauptaxe geschliffen, während die andere damit einen sehr kleinen Winkel bildet; die lange Kante des Keils (entsprechend der Hauptaxe) ist die Axe der kleinsten Elasticität, die Schneide des Keils liegt rechtwinklig auf der Hauptaxe und mit ihr fällt die Axe der grössten Elasticität zusammen. Die zu prüfende, senkrecht auf die Bisectrix geschnittene Platte wird bei gekreuzten Nicols in der Diagonalstellung (so dass ihre Hauptschnitte 45° mit den Nicolhauptschnitten bilden, und die Hyperbeln auftreten) in den Apparat gebracht. Wird nun zwischen den Analysator und die Platte der Quarzkeil einmal so, dass seine Hauptaxe parallel der optischen Axenebene der Platte, das anderemal so, dass dieselbe senkrecht zu der letzteren geht, langsam eingeschoben, so tritt in dem einen oder anderen Falle eine Erweiterung der centralen Ringe ein. Erfolgt dieselbe in dem ersten Falle — also wenn der Quarzkeil mit seiner langen Kante im Sinne der Verbindungslinie der beiden Hyperbelpole oder der stumpfen Bisectrix eingeführt wird —, so muss diese letztere das entgegengesetzte Zeichen haben, wie der positive Quarz, demnach negativ sein, während die spitze Bisectrix (auf welche die Angaben bezogen zu werden pflegen) die Richtung der kleinsten Elasticität und die Platte positiv ist. In diesem Falle deckt sich nämlich a im Quarz mit b in der Platte, und c im Quarz mit a in der Platte; der in der Platte beschleunigte Strahl wird daher im Quarz verzögert und der in jener verzögerte wird im Quarz beschleunigt; die Keilgestalt des bewegten Quarzes hat also dasselbe optische Ergebniss, als ob die Platte dünner und dünner gemacht würde. — Erweitern sich dagegen die Ringe, wenn die Quarzkeil-Hauptaxe senkrecht zur Verbindungslinie der Hyperbelpole eingeschoben wird, so ist umgekehrt die spitze Bisectrix die Richtung der grössten Elasticität und die Platte negativ. In diesem Falle fällt nämlich umgekehrt a im Quarz mit a in der Platte, c im Quarz mit b in der Platte zusammen; der in der Platte beschleunigte Strahl wird daher nun auch im Quarz beschleunigt, der dort verzögerte auch hier verzögert; die Einschiebung des Quarzes hat also jetzt dieselbe Wirkung, als würde die Platte dicker und dicker gemacht. — Im Allgemeinen gilt der Satz, dass in der Mitte des Gesichtsfeldes Interferenzkurven auftreten, wenn die Richtung der optischen Axe des Quarzkeils parallel ist der Richtung der grösseren Elasticität der Platte¹⁾.

§ 108. Winkel der optischen Axen. Die Interferenzfiguren optisch-zwei-axiger Krystalle dienen auch zur Bestimmung des Winkels der optischen Axen; für ihn ist ein Maass der Abstand der Axenaustrittspunkte, wie sie bei der Diagonalstellung einer senkrecht auf die (spitze) Bisectrix geschnittenen Platte als Hyperbelpole erscheinen (Fig. 311). Der für die Messung benutzte, sog. Axenwinkelapparat ist ein Instrument, welches wie ein horizontal liegendes Nörremberg'sches Polarisationsinstrument construirt ist, und ein Fadenkreuz im Ocular besitzt, in welchem zuerst der Centralpunkt des einen, dann derjenige des anderen Axenbildes auf den Kreuzpunkt eingestellt wird; die zu untersuchende Platte steht

1) Benutzt man nach dem Vorschlag von *Rinne* das S. 234 erwähnte Gypsblättchen vom Roth I. Ordn., welches unter 45° eingeschoben wird, so erleidet in dem diagonal gestellten Interferenzbild um die spitze Bisectrix eines zweiäxigen Krystals die bestimmte Interferenzfarbe, welche das in der Mitte des Gesichtsfeldes befindliche grössere Feld besitzt, eine Veränderung. Erscheint in der Mitte des Gesichtsfeldes dann der höhere Polarisationston, wenn die leicht zu erkennende Ebene der optischen Axen senkrecht auf der Axe c des Gypsblättchens steht, so ist die Doppelbrechung positiv; erscheint der höhere Polarisationston, wenn die optische Axenebene parallel geht mit der Axe c des Gypses, so ist die Doppelbrechung negativ. Wird die Bestimmung an einer Platte senkrecht zur stumpfen Bisectrix vorgenommen, so kehren sich natürlich für die spitze Bisectrix die Zeichen der Doppelbrechung um.

mit einem Theilkreis in Verbindung, an welchem die zwischen beiden Einstellungen erfolgte Drehung abgelesen wird. Ausserdem besitzt das Instrument eine Einrichtung, die Platte zu centriren und zu justiren. Je nachdem das Instrument mit Licht von abweichender Farbe beleuchtet wird, erhält man in Folge der Dispersion der optischen Axen verschiedene Ablesungen für beide Einstellungen, d. h. einen grösseren oder kleineren optischen Axenwinkel. — Der hier ermittelte Werth ist aber nur der scheinbare Winkel der optischen Axen in Luft. In der Platte *P* (Fig. 314), welche senkrecht auf die spitze Bisectrix *M* geschnitten ist, wird der wahre spitze Winkel, welchen die optischen Axen that'sächlich innerhalb des Krystallmediums mit einander bilden, nach dem Vorgang von *Des Cloizeaux* mit $2Va$ bezeichnet, während der durch die stumpfe Bisectrix *S* halbierte stumpfe wirkliche Axenwinkel dann $2Vo$ ist (*a* von aigu, spitz, *o* von obtus, stumpf). Beim Austritt in die Luft wird indessen jeder Lichtstrahl, welcher die Platte in der Richtung der optischen Axe passirt hat, von dem Einfallslot *M* abgelenkt und bildet nun mit demselben den Winkel *E*. Daher ist $2Ea$ die Bezeichnung für den, durch directe Messung an einer senkrecht auf die Bisectrix geschnittenen Platte erhaltenen scheinbaren Axenwinkel in Luft, welcher immer grösser ist, als der wahre.

Dieser wahre Winkel der optischen Axen wird aus dem scheinbaren berechnet vermittels der Formel $\sin Va = \frac{1}{\beta} \sin Ea$, worin β den Brechungsquotient des in der Richtung einer optischen Axe sich fortpflanzenden Strahls bedeutet, welcher senkrecht zu derselben mit einer der Axe der mittleren Elasticität entsprechenden Fortpflanzungsgeschwindigkeit schwingt.

Ist die scheinbare Divergenz der optischen Axen sehr gross, erreicht oder überschreitet *Va* den Winkel der totalen Reflexion, so fallen die Ringsysteme vollständig ausserhalb des Gesichtsfeldes, und dann muss man zu anderen Hülftsmitteln seine Zuflucht nehmen, z. B. die Lamelle in einem stärker brechenden Medium, wie in Oel (statt in Luft) untersuchen, welches die totale Reflexion an der Grenze zwischen Platte und Luft aufhebt. Das Oel befindet sich in einem durchsichtigen Gefäss, welches in den Axenwinkelapparat eingeschaltet wird; die in ihm gemessenen scheinbaren Axenwinkel werden als *Ha* und *Ho* bezeichnet (von huile, Oel). Da beim Austritt des Lichtes in Oel keine so starke Brechung stattfindet, wie bei der in Luft, so ist der scheinbare Axenwinkel in Oel *Ha* allemal kleiner als der scheinbare in Luft *Ea*. In solchen Oelen können auch sehr häufig die Axenpunkte auf Platten wahrgenommen werden, welche senkrecht zur stumpfen Bisectrix der wahren optischen Axen liegen.

Zeigt sich in Folge eines übergrossen optischen Axenwinkels auch bei den gewöhnlich gebrauchten Oelen kein Axenbild, so kann man als umgebendes Medium eine Kaliumquecksilberjodidlösung anwenden, welche bei einem spec. Gew. von ca. 3 einen Brechungsquotienten von ca. 1,7 besitzt. Andere so verwendbare Substanzen sind Schwefelkohlenstoff ($n =$ ca. 1,63), Naphthalimonobromid. — Sehr stumpfe Axenwinkel können auch vermittels des Apparats von *Adams* und *Schneider* gemessen werden,

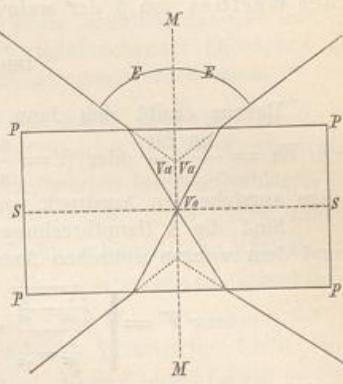


Fig. 314.

bei welchem eine Mineralplatte zwischen zwei halbkugelige drehbare Linsen eingefügt wird; dadurch wird der scheinbare Axenwinkel in Glas bestimmt.

Ist der Brechungsquotient n des Oels (oder der anderen Flüssigkeit) bekannt, so gilt die Formel

$$\sin Va = \frac{n}{\beta} \sin Ha;$$

kann man an zwei Platten aus demselben Individuum, senkrecht auf die erste und zweite Mittellinie, sowohl Ha als auch Ho bestimmen, so lässt sich ohne Kenntniss des Werthes von β der wahre Winkel der optischen Axen ermitteln nach der Formel

$$\tan Va = \frac{\sin Ha}{\sin Ho}.$$

Daraus ergibt sich dann aber auch der Werth von β ; denn nach Obigem ist $\sin Va = \frac{\sin Ea}{\beta}$ oder $\beta = \frac{\sin Ea}{\sin Va}$, wobei man Ea direct beobachten und Va aus dem vorstehenden Ausdruck von $\tan Va$ berechnen kann.

Sind die 3 Hauptbrechungsquotienten α , β , γ bekannt, so gilt zwischen ihnen und dem wahren optischen Axenwinkel $2V$ die Gleichung

$$\tan V = \sqrt{\frac{\frac{1}{\alpha^2} - \frac{1}{\beta^2}}{\frac{1}{\beta^2} - \frac{1}{\gamma^2}}} \text{ oder } \tan V = \frac{\gamma}{\alpha} \sqrt{\frac{\alpha + \beta}{\beta + \gamma} \cdot \frac{\beta - \alpha}{\gamma - \beta}}.$$

Schon auf S. 214 wurde hervorgehoben, dass für verschiedene Farben die optischen Axenwinkel etwas verschiedenen Werth haben, und es handelt sich daher bei ganz sorgfältigen Bestimmungen darum, diese Werthe für die einzelnen Farben zu gewinnen. Das dabei zur Verwendung kommende möglichst monochromatische Licht wird durch gefärbte Flammen geliefert; die Flamme eines Bunsen'schen Gasbrenners wird vermittels Lithiumsalz (Li^2SO_4) einfarbig roth, Natriumsalz (Kochsalz, $NaCl$) einfarbig gelb, Thalliumsalz (Tl^2SO_4) einfarbig grün, schwefelsaures Kupferoxyd-Ammoniak einfarbig blau gefärbt. Fast monochromatisches Roth gibt Licht, welches durch Kupferoxydulglas (auch durch eine Lösung von Eosin und Methylenblau) durchgeht. Chlornatrium kann durch Bromnatrium ersetzt werden, das nicht decrepitirt und grössere Helligkeit bewirkt¹⁾.

Man kann auch die Bestimmung des Winkels der optischen Axen für eine zur Bissectrix senkrechte Platte in dem Mikroskop vornehmen, wenn dasselbe durch Einschaltung eines Condensors und einer Bertrand'schen Linse (vgl. S. 230) auf convergentes polarisiertes Licht eingerichtet ist. Der Abstand der Axenaustritte, wie sie bei der Diagonalstellung der Platte als Hyperbelpole erscheinen, wird gemessen durch ein festes Ocularmikrometer, oder durch ein bewegliches Schraubenmikrometer (dessen Faden man erst mit dem einen, dann mit dem anderen Hyperbelpol in Verbindung bringt, worauf an der Mikrometerschraube die Distanz abgemessen wird), oder durch eine auf Papier entworfene Projection vermittels einer Camera lucida. Aus der gefundenen Lineargrösse $2D$ des Abstandes der beiden Pole erhält man den scheinbaren

Winkel der optischen Axen in Luft $2E$ durch die Gleichung $\sin E = \frac{D}{K}$, worin K einen Factor darstellt, der für ein bestimmtes, auf convergentes Licht eingerichtetes Mikroskop constant ist, und für dieses betreffende Instrument vorher festgestellt werden muss,

1) Ueber eine zweckmässige Lampe für monochromatisches Licht s. *Laspeyres*, Zeitschr. f. Instrumentenkunde, 1882. 97. Ueber einen Spectralapparat zur Herstellung von intensivem monochromatischem Licht *Wülfing*, N. Jahrb. f. Min. Beilageb. XII. 1899. 343.

dann aber auch für alle weiteren Untersuchungen mit demselben eingesetzt werden darf. Man erhält diesen Werth K , indem zunächst in einem eigentlichen Axenwinkelapparat der Axenwinkel in Luft $2E$ für irgend eine beliebige, aber genau senkrecht zur Bisectrix geschnittene Platte bestimmt wird; alsdann wird für diese Platte in dem Mikroskop der Abstand der Hyperbelpole $2D$ gemessen. Man hat dann für das letztere Instrument $K = \frac{D}{\sin E}$, worin D und $\sin E$ bekannt sind. — Zum möglichst scharfen

und deutlichen Hervortreten des Interferenzbildes trägt eine zweckmässige Einstellung des Condensors und der *Bertrand'schen* Linse bei. Oberhalb und unterhalb des Präparats — zwischen dasselbe und das Objectiv, sowie zwischen dasselbe und den Condensor — kann man auch einen Tropfen stark lichtbrechender Flüssigkeit einfügen, deren Brechungsquotient natürlich in Betracht gezogen werden muss.

Dispersionserscheinungen. Allemal gilt der Satz, dass der Grad von Symmetrie, welcher einer Krystallfläche eigen ist, sich auch in der Configuration und den Dispersionserscheinungen des dadurch entstehenden Interferenzbildes ausspricht, und dass die Symmetrieebenen für die Krystallfläche auch solche für das Interferenzbild sind. Die für alle zweiaxigen Krystalle charakteristische Erscheinung, dass die optischen Axen für jede Lichtart oder Farbe eine etwas verschiedene Lage haben, die Dispersion der optischen Axen, wird bei Anwendung des gewöhnlichen weissen Lichtes in einem auf convergentes polarisirtes Licht eingestellten Instrument überhaupt an der besonderen Figur und Lage gewisser isochromatischer Farbenzonen erkannt, wobei zunächst die Farben Roth und Blau berücksichtigt zu werden pflegen.

Wenn die den optischen Axenwinkel Halbirenden für alle Farben genau zusammenfallen, also nur eine Dispersion der optischen Axen stattfindet, so muss bei beiden Hyperbeln sowohl die Lebhaftigkeit als die Reihenfolge der Farben von innen nach aussen ganz genau übereinstimmen. Besitzt dagegen der Krystall auch noch eine Dispersion der Bisectricen, so können die Farbensäume bei beiden Hyperbeln nicht mehr gleich sein und gerade diese Ungleichheit bietet ein sehr vortreffliches und empfindliches Mittel zur Erkennung einer solchen Dispersion der Elasticitätsachsen, d. h. für das Ausgeschlossen sein des rhombischen Systems. Spezielleres siehe bei der Charakteristik der zweiaxigen Krystalsysteme.

§ 109. Optische Charakteristik der regulären Krystalle und amorphen Mineralien. Lamellen von durchsichtigen regulären Krystallen üben, in beliebiger Richtung denselben entnommen, auf das polarisierte Licht in der Regel gar keine Wirkung aus, weil sie nach allen Richtungen gleiche Elasticität und Fortpflanzungsgeschwindigkeit, daher auch nur einfache Lichtbrechung aufweisen. Diese isotropen Medien zeigen weder im parallelen noch im convergenten polarisierten Licht Interferenzfarben, speciell in dem letzteren auch keine Interferenzfigur, bleiben im parallelen bei gekreuzten Nicols während voller Horizontaldrehung stets völlig dunkel, stören niemals das schwarze Kreuz im Stauroskop u. s. w. Auf dieselbe Weise verhalten sich Lamellen durchsichtiger amorpher Mineralien. Die beiden wird man in Schnitten daran zu unterscheiden vermögen, dass die amorphen Substanzen weder einer krystallographischen Begrenzung noch einer Spaltbarkeit fähig sind, weshalb sie nur von ganz unregelmässigen Sprüngen durchzogen sein können; während die regulären Individuen ihre selbständige polygonale Formentwickelung