



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Elemente der Mineralogie**

**Naumann, Carl Friedrich**

**Leipzig, 1901**

§. 106. Untersuchungen im parallelen polarisirten Licht

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-84232](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-84232)

die Einrichtung eines wirklichen Mikroskops als Instrument zur Untersuchung im convergenten polarisirten Licht vgl. S. 229. — Nach dem zweckmässigen Vorschlag von *Tschermak* wird das mit Nicols versehene Mikroskop, in welchem die Untersuchung im parallelen polarisirten Licht vorgenommen wird, Orthoskop, das die Untersuchung im convergenten Licht bedingende Instrument Konoskop genannt.

§ 406. Untersuchungen im parallelen polarisirten Licht. Dieselben bezwecken: 1) einfachbrechende und doppelbrechende Blättchen zu unterscheiden; 2) in den letzteren die Lage der Elasticitätsaxen gegen die krystallographischen Axen zu bestimmen und somit das Krystallsystem abzuleiten; 3) den relativen Werth der Elasticitätsaxen, den sog. optischen Charakter zu bestimmen.

Unterschied von einfach- und doppelbrechenden dünnen Mineralblättchen im weissen parallelen polarisirten Licht. Aufsuchung der Lage der Elasticitätsaxen. Zu diesen Untersuchungen dient, wie erwähnt, das gewöhnliche mit Nicols versehene Mikroskop, an welchem sich ein graduirter, mit Nonius versehener, horizontal drehbarer Tisch befindet, um dem Object eine verschiedene Lage gegen die Polarisationssebene ertheilen zu können. Wird nun ein dünnes planparalleles Blättchen eines einfachbrechenden Minerals (regulären Krystalls oder amorphen Körpers) auf den Objecttisch zwischen beide Nicols gebracht, deren Hauptschnitte oder Polarisationssebenen gekreuzt sind, so wird das Object völlig dunkel erscheinen wie in diesem Falle das Gesichtsfeld selbst, da der mit der Schwingungsrichtung des unteren Polarisators eintretende Strahl seinen Weg durch die isotrope Substanz mit gleicher Schwingungsrichtung fortsetzt und daher von dem gekreuzt stehenden Analysator ausgelöscht werden muss. Da die Aetherelasticität in dem Blättchen nach allen Directionen hin gleich ist, so wird auch dadurch, dass man dasselbe um seine eigene Axe dreht, oder dadurch, dass man eine von dem Mineral in anderer Richtung gewonnene Lamelle unterschiebt, keinerlei Veränderung eintreten. Wenn umgekehrt durch die parallele Stellung beider Nicolhauptschnitte das Gesichtsfeld hell erscheint, so wird das zwischen geschobene Blättchen keine andere Farbe aufweisen, als es auch im gewöhnlichen Licht besass.

Genau so wie einfachbrechende Lamellen verhalten sich zwischen gekreuzten (und parallelen) Nicols diejenigen von doppelbrechenden einaxigen Substanzen, welche senkrecht zu der optischen Axe geschnitten sind. Für Strahlen, welche parallel der einzigen Hauptaxe den Krystall durchlaufen, erfolgt weder eine Doppelbrechung noch eine Polarisation, sondern sie gehen in dieser Richtung genau mit demselben Verhalten hindurch, wie durch ein überhaupt isotropes Medium. So erscheinen solche basischen Platten tetragonaler und hexagonaler Substanzen bei gekreuzten Nicols dunkel und bleiben dunkel bei einer vollen Horizontaldrehung um die eigene Axe. Die Frage, ob ein solcher einfachbrechender Schnitt ein basischer eines einaxigen Minerals ist, oder einem isotropen angehört, kann, wenn nur er allein vorliegt, erst im convergenten polarisirten Licht entschieden werden.

Da im tetragonalen und hexagonalen System die Basis die einzige Form ist, welche nur aus einem parallelen Flächenpaar besteht, welcher also auch eine einzelne Spaltungsfläche allein entsprechen kann, so muss jede von einem optisch-einaxigen



Krystall durch Spaltung erhaltene Lamelle ihre optische Axe senkrecht stehen haben und sich daher wie angegeben zwischen gekreuzten Nicols verhalten.

Dünne Schnitte senkrecht gegen eine optische Axe eines zweiachsigigen Minerals erscheinen zwischen gekreuzten Nicols im Instrument für paralleles Licht bei totaler Horizontaldrehung aber nicht stets gleich dunkel, sondern im Gegentheil stets gleich hell, ohne dass Interferenzfarben auftreten; dieses Verhalten ist jedoch nur scheinbar abnorm, denn es folgt nothwendig aus der Thatsache, dass die optischen Axen zweiachsigiger Körper Axen innerer konischer Refraction sind. Die Intensität des Lichtes ist abhängig von der Dicke des Schliffes und der Stärke der Doppelbrechung; dicke Platten sind zwischen gekreuzten Nicols ebenso hell, wie zwischen parallelen<sup>1)</sup>.

Wenn dagegen das Blättchen nicht senkrecht zu einer optischen Axe geschnitten und doppelbrechend ist, so zeigt es, mit Ausnahme gewisser besonderer, gleich zu erwähnender Stellungen sowohl zwischen gekreuzten als zwischen parallelen Nicols Farbenerscheinungen, chromatische Polarisation<sup>2)</sup>. Sofern nämlich die Schwingungsebene des polarisirten Lichtstrahls mit dem optischen Hauptschnitt des doppelbrechenden eingeschobenen Mediums irgend einen anderen Winkel bildet als  $0^\circ$  oder  $90^\circ$ , so erfolgt (in derselben Weise wie beim gewöhnlichen Licht) eine Zerlegung in zwei zu einander senkrechte Strahlen, welche, nach Reduction ihrer Schwingungen auf dieselbe Ebene, zur Interferenz gelangen. Die Farben, welche ein solches Object bei gekreuzten Nicols trägt, sind die complementären von denjenigen, die es bei parallelen aufweist (Roth im Gegensatz zu Grün, Blau zu Gelb u. s. w.).

Die Farbe, welche ein doppelbrechendes, nicht senkrecht auf eine optische Axe geschnittenes Blättchen im weissen parallelen polarisirten Licht zwischen gekreuzten Nicols zeigt, ist abhängig von der Dicke des Blättchens, von der Lage desselben im Krystall und von der relativen Grösse der Elasticitätsaxen, resp. der Brechungsquotienten der Substanz. Ein Gypsblättchen von 0,13 mm Dicke erscheint purpurn, von 0,14 mm blau, von 0,16 mm grün, von 0,18 mm roth. Eine und dieselbe Substanz zeigt bei gleicher Dicke um so höhere Interferenzfarbe, je grösser die Differenz der zwei in dem Blättchen liegenden Elasticitätsaxen ist, denen die Schwingungen der Strahlen parallel gehen. Unter gleich dicken Schnitten eines optisch einachsigigen Minerals muss daher derjenige die höchste Interferenzfarbe geben, welcher parallel der optischen Axe gerichtet ist; je mehr die Schnitttrichtung sich der Basis nähert, desto mehr müssen die Interferenzfarben sinken. Bei einem zweiachsigigen Mineral muss unter gleich dicken Schnitten derjenige die höchste Interferenzfarbe liefern, welcher senkrecht zur Axe der mittleren Elasticität steht, d. h. parallel der optischen Axenebene geht, weil in diesem Schnitt dann die Axen gerade der grössten und kleinsten Elasticität gelegen sind, und sich in ihm die grösste Differenz ( $\gamma - \alpha$ ) geltend macht.

Von zwei Substanzen mit verschiedenem Maass der Doppelbrechung, welche in gleich dicken Blättchen vorliegen, gibt diejenige mit schwächerer Doppelbrechung Farben, welche dem Anfang der Newton'schen Farbenscala näher stehen, als es bei der stärker doppelbrechenden der Fall ist.

Wenn eine durch Spaltung erhaltene Lamelle einem rhombisch oder klinödrisch krystallisirten Mineral angehört, so entspricht ihre Spaltungsfläche in der Regel entweder der Basis oder einem der beiden verticalen Pinakoide; keine der beiden optischen Axen wird aber alsdann auf der Lamelle rechtwinkelig sein und die letztere muss daher in den meisten Stellungen zwischen den Nicols Farben aufweisen. Unter

<sup>1)</sup> Hierauf wurde zuerst von *Kalkowsky* hingewiesen, Z. f. Kryst. IX. 1883. 486.

<sup>2)</sup> Zur specielleren Erläuterung der Ursache dieser und folgender Erscheinungen wird auf die ausführlichen Lehrbücher der Physik oder physikalischen Krystallographie verwiesen.



Erwägung des oben Angeführten kann man daher sehr leicht erkennen, ob man es mit einer optisch-einaxigen oder optisch-zwei-axigen Lamelle zu thun hat, woraus sich dann rückwärts ein Schluss auf den allgemeinen Charakter des Krystallsystems ziehen lässt.

Ist das doppelbrechende Blättchen nicht gleichmässig dick, sondern keilförmig, so erscheint nicht eine einzige Farbe, sondern es folgen, der Dicke entsprechend, mehrere Farben in Uebergängen aufeinander. Bei allzugrosser Dünne der doppelbrechenden Lamelle sind die Interferenzfarben mitunter nicht lebhaft genug, um erkannt zu werden. Wenn man alsdann ein dünnes Glimmer- oder Gypsblättchen, welches für sich im polarisirten Licht gleichmässig und charakteristisch (z. B. mit dem empfindlichen Roth der ersten Ordnung) gefärbt erscheint, darüber deckt, so wird an den Stellen, wo die Lamelle darunter liegt, eine Veränderung dieser Farbe ersichtlich und damit die Doppelbrechung der Substanz selbst erwiesen sein. Eine isotrope Lamelle kann die Interferenzfarbe des Glimmerblättchens nicht ändern. Zu demselben Zweck schiebt man eine 3,75 mm dicke planparallele und senkrecht auf die optische Axe geschliffene Quarzplatte in einen über der Objectivlinse angebrachten Schlitz des Tubus und erzeugt durch Drehung des oberen Nicols das empfindliche Hellbläulich-violett oder Purpurviolett (die sog. *Teinte de passage* oder *Teinte sensible* im Anfang der dritten Ordnung) des circularpolarisirenden Quarzes; selbst ein sehr schwach doppelbrechendes Object verändert diese charakteristische Farbe.

Speciell wird ein doppelbrechendes, nicht senkrecht auf die optische Axe geschnittenes Blättchen in allen den überwiegenden Fällen bei gekreuzten Nicols Farben zeigen, wenn es eine solche Lage hat, dass die Elasticitätsachsen in seiner Fläche irgend einen schiefen Winkel mit dem optischen Hauptschnitt des Polarisators bilden. Die Intensität dieser Farbe ist weiterhin abhängig von der Neigung des optischen Hauptschnitts im Blättchen gegen die Hauptschnitte des Polarisators und Analysators, welche ihrerseits durch das Ocularfadenkreuz angezeigt zu werden pflegen. Dreht man das Blättchen horizontal um seine Axe, so bleibt die Art der Farbe gleich, aber die Intensität derselben wechselt und ist dann am grössten, wenn die Elasticitätsachsen des Blättchens mit den optischen Hauptschnitten der Nicols einen Winkel von  $45^\circ$  bilden; dies tritt bei einer vollen Horizontaldrehung des Blättchens viermal ein.

Fällt dagegen irgend eine Elasticitätsaxe mit dem optischen Hauptschnitt des polarisirenden Nicols zusammen, so erreicht die Intensität des Interferenzstrahls ihr Minimum, es werden dann selbst solche doppelbrechende Blättchen keine besonderen Interferenzfarben aufweisen, sondern (bei parallelen Nicols nur hell oder eigenfarbig) bei gekreuzten Nicols nur dunkel erscheinen; denn — im Gegensatz zu dem Verhalten eines gewöhnlichen Strahls, welcher ein doppelbrechendes Medium in einer anderen Richtung als der einer optischen Axe durchläuft — kann ein schon polarisirter Strahl in dem Blättchen dann keine weitere Zerlegung in zwei Strahlen erleiden und wird dasselbe unverändert (blos mit abweichender Fortpflanzungsgeschwindigkeit) passiren, sobald seine Schwingungsebene (also der optische Hauptschnitt des Polarisators) parallel der Richtung der grössten oder kleinsten Elasticität der Fläche des Blättchens liegt, welche ja die Schwingungsrichtungen für die dasselbe durchlaufenden Strahlen sind; die durch das Blättchen ungestört durchgegangene Schwingung gelangt alsdann in den Analysator, in welchem sie vermöge der Kreuzstellung desselben ausgelöscht wird. Dreht man nun das doppelbrechende Blättchen aus der Dunkelstellung heraus, so erfolgt eine mit der



Drehung wachsende Aufhellung und Intensität der chromatischen Polarisation, bis der Drehungswinkel  $45^\circ$  beträgt. Bei weiterer Drehung verschwächt sich aber die Aufhellung und Farbe wieder und wird dann  $= 0$  (d. h. es tritt wieder Dunkelheit ein), wenn der Drehungswinkel  $90^\circ$  misst; letzteres tritt also bei einer vollen Horizontaldrehung ebenfalls viermal ein.

Durch diese so zwischen gekreuzten Nicols vorgenommene Einstellung des Blättchens auf Dunkel, durch die Aufsuchung der sog. Auslöschungsrichtung ist es daher möglich, in optisch-einaxigen Blättchen dieser Art die Richtung der Hauptaxe, in optisch-zwei-axigen die Richtung zweier Elasticitätsaxen zu finden. So kann also auch dadurch die Frage entschieden werden, ob die durch die optische Reaction der Auslöschung ihrer Richtung nach erkennbaren optischen Elasticitätsaxen sämmtlich oder nur theilweise oder gar nicht mit den durch Contourenverlauf, Spaltbarkeit u. s. w. der Blättchen ihrer Lage nach angezeigten krystallographischen Axen zusammenfallen. Aus diesem Ergebniss lässt sich aber in vielen Fällen ein directer Schluss auf das Krystallsystem ziehen. Die Auslöschung heisst eine gerade, wenn sie parallel einer krystallographischen Axe erfolgt, anderenfalls ist sie eine schiefe. — Im Folgenden sind noch einige andere Methoden zur Ermittlung der Lage der Elasticitätsaxen angeführt.

Wenn man auf das Ocular eines Mikroskops eine senkrecht auf die optische Axe geschnittene Kalkspathplatte legt und den Analysator, in Kreuzstellung mit dem Polarisator darüber stülpt, so erscheint in dem Gesichtsfelde die (erst im Folgenden zu erläuternde) charakteristische Interferenzfigur der Kalkspathplatte, ein System buntfarbiger concentrisch-kreisförmiger Ringe, durchzogen von einem schwarzen schattigen Kreuz, dessen Arme mit dem Fadenkreuz im Ocular zusammenfallen. Diese Calcitplatte heisst deshalb auch die stauroskopische. Wird nun ein zu untersuchendes Mineralblättchen auf den Objecttisch gelegt, so tritt jene Interferenzfigur nur dann völlig ungestört und ganz symmetrisch hervor, sofern entweder in dem Object überhaupt keine Doppelbrechung erfolgt, oder sofern das doppeltbrechende Object eine solche Lage hat, dass seine beiden Elasticitätsaxen mit den Hauptschnitten der gekreuzten Nicols (also mit dem Fadenkreuz im Ocular) zusammenfallen. Bei allen anderen Lagen des Untersuchungsobjects stellt sich eine auffallende Störung der Calcit-Interferenzfigur ein. Es kommt also hier, zur Ermittlung der Lage der Elasticitätsaxen in dem Blättchen, darauf an, den Moment zu erfassen, in welchem bei der Drehung desselben die buntfarbige Interferenzfigur in ihrer normalen Symmetrie correct erscheint, und dies gelingt dem Auge meistens schon viel besser, als die Aufsuchung des Dunkelheits-Maximums. — Liegt eine zu untersuchende Krystallplatte so auf dem Objecttisch, dass eine Kante derselben parallel geht dem Hauptschnitt eines der Nicols, und ist in diesem Falle die Calcit-Interferenzfigur gestört, so zeigt der Winkel, um welchen bis zur Wiederherstellung der letzteren das Object gedreht werden muss, an, wie gross die Neigung ist zwischen einer Elasticitätsaxe im Krystall und der betreffenden Kante. Das Princip dieser stauroskopischen Untersuchung wurde schon 1855 durch v. Kobell angegeben.

*Brezina* ersetzte die stauroskopische, senkrecht auf die Axe geschliffene einfache Kalkspathplatte durch zwei nahezu senkrecht auf die Axe, d. h. ein wenig schief gegen die Basis geschliffene Kalkspathlamellen, welche so übereinandergelegt werden, dass die optischen Axen von beiden zwar in einer Ebene liegen, aber nach entgegengesetzter Seite geneigt sind; die Interferenzfigur dieser Combination ist überaus empfindlich, indem eine sehr geringe Divergenz zwischen der Elasticitätsaxe des Objects und dem optischen Hauptschnitt des Analysators eine bedeutende Verschiebung des Mittelbalkens hervorbringt. — Ein anderer Ersatz für die gewöhnliche stauroskopische



Calcitplatte ist die *Calderon'sche* Doppelplatte. Dieselbe besteht aus zwei Theilen von Kalkspathrhomboëdern, welche zu einem künstlichen Zwilling aneinanderged kittet und zu einer planparallelen Platte geschliffen sind, die mit einem Ocular verbunden zu sein pflegt. Liegt die Trennungsnaht der beiden Individuen parallel dem Hauptschnitt des einen der gekreuzten Nicols, so bleiben beide Hälften in allen den Fällen, wenn sonst die Calcit-Interferenzfigur durch ein zwischengeschobenes Object ungestört hervortreten würde, gleichmässig dunkelgrau, so dass die Trennungslinie überhaupt nicht sichtbar ist. Bei allen übrigen Stellungen des Objects tritt unverzüglich eine — der Störung der Interferenzfigur entsprechende — Aenderung in der Beschattung der beiden Plattenhälften hervor, die eine wird dunkel, die andere hell, oder beide erscheinen gleich hell. — Zum Ersatz von *Calderon's* Doppelplatte proponirte *Traube* zwei streifenförmige Viertelundulationsglimmerlamellen in der Weise nebeneinander zu legen, dass die optischen Axenebenen in beiden einen Winkel von  $70^\circ$  bilden.

Anstatt das Maximum der Dunkelheit oder die normale Calcit-Interferenzfigur u. s. w. zum Anhalt zu nehmen, kann man zur genaueren Bestimmung der Schwingungsrichtung auch auf eine bestimmte Farbe einstellen. Die letztere wird z. B. hervor gebracht, indem man in einen Schlitz des Tubus oberhalb des Objectivs eine parallel zur Hauptaxe geschliffene Quarzplatte von solcher Dicke und in einer  $45^\circ$ -Stellung ihrer Hauptaxe gegen die gekreuzten Nicols einschreibt, dass das Gesichtsfeld des Mikroskops gleichmässig mit dem charakteristischen hellbläulichen Violett oder Purpurvioletts versehen erscheint. Diese Farbe bleibt nur unverändert, wenn auf dem Objecttisch in einen Theil des Gesichtsfeldes entweder ein isotroper Schnitt eingeführt wird, oder ein doppeltbrechender, welcher so gerichtet ist, dass seine Elasticitätsachsen mit den Nicolhauptschnitten zusammenfallen. In jeder anderen Stellung wird das doppeltbrechende Blättchen durch den Quarz eine von jenem Violett abweichende Farbe erhalten. Dreht man bis Blättchen und Gesichtsfeld gleichmässig gefärbt sind, so ist in diesem Moment jene Uebereinstimmung in der Richtung vorhanden. — Zu demselben Zweck kann auch irgend eine andere Platte eines doppeltbrechenden Minerals verwandt werden, dessen Interferenzfarbe empfindlich und leicht veränderlich ist, z. B. ein Glimmerblättchen oder Gypsblättchen, welches das Roth erster Ordnung zeigt. — An sich farblose Mineralien taugen natürlich für diese Prüfungen am besten.

Noch ein anderes Mittel, die Lage der Elasticitätsachsen in einem doppeltbrechenden Blättchen möglichst scharf zu bestimmen, ist die sog. *Bertrand'sche* Doppelquarzplatte. Dieselbe besteht aus zwei rechts- und zwei linksdrehenden Platten von senkrecht zur Axe geschnittenem Quarz (alle 4 gleich dick, etwa 2,5 mm), welche, je einen Quadranten darstellend, so zusammengekittet sind, dass die beiden rechten über Kreuz und die beiden linken über Kreuz liegen, also stets eine rechte Platte sich mit zwei linken berührt. Wird dann diese Combination so in das Ocular zwischen die erste und zweite Linse eingefügt, dass die als rechtwinkelig sich schneidende Linien erscheinenden Berührungsflächen der vier Stücke dem Fadenkreuz, d. h. den gekreuzten Nicolhauptschnitten genau parallel gehen, so sind die 4 Quadranten durchaus gleich gefärbt, bei der angegebenen Dicke ganz schwach bläulich. Die gleiche Färbung bleibt nach der Einschaltung eines doppeltbrechenden Mineralblättchens auf dem Objecttisch nur dann bestehen, wenn die in demselben liegenden Elasticitätsachsen genau parallel sind den Nicolhauptschnitten, also den Trennungslinien der Quadranten. Die kleinste Abweichung von dieser Richtung macht sich sofort in äusserst empfindlicher Weise dadurch kund, dass zwar die gegenüberliegenden gleichen Quadranten der Platte noch gleich, die anliegenden (rechten und linken) aber verschieden gefärbt sind. — Ueber eine andere empfindliche Quarzdoppelplatte vgl. *Stöber*, Z. f. Krystall. XXIX. 1898. 22.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, dass als optische Wirkungen eines Objects zwischen gekreuzten Nicols einander entsprechen: Einerseits Dunkelheit des Objects ohne weiteren Apparat, ungestörtes Hervortreten der Calcit-Interferenzfigur



bei der staurososkopischen Platte, normales Auftreten der Interferenzfigur bei der Platte von *Brexina*, gleichmässige Dunkelheit der Platte von *Calderon*, Unverändertbleiben der Polarisationsfarbe einer Quarzplatte, übereinstimmende Färbung der vier Felder einer *Bertrand'schen* Doppelquarzplatte. Alle diese Erscheinungen treten hervor bei Schnitten, in denen überhaupt keine Doppelbrechung erfolgt, sowie bei solchen doppeltbrechenden, welche so gerichtet sind, dass je eine ihrer Elasticitätsaxen mit einem Nicolhauptschnitt zusammenfällt. Andererseits sind unter einander gleichbedeutend: Chromatische Polarisation des Objects ohne weiteren Apparat, Störung der Calcit-Interferenzfigur, Verschiebung des Mittelbalkens in der Platte von *Brexina*, Aenderung in der Beschattung der Hälften in der Platte von *Calderon*, Aenderung der Polarisationsfarbe einer Quarzplatte, abweichende Färbung zweier anliegender Felder bei einer *Bertrand'schen* Doppelquarzplatte. Diese Erscheinungen verweisen allemal darauf, dass das untersuchte Object überhaupt doppeltbrechend und ferner derartig gelegen ist, dass keine seiner Elasticitätsaxen mit einem Nicolhauptschnitt zusammenfällt.

Bestimmung des optischen Charakters im parallelen polarisirten Licht. Nachdem in einem doppeltbrechenden Blättchen durch die angegebenen Methoden die Lage der beiden optischen Elasticitätsaxen mit Bezug auf die kristallographischen Axen überhaupt festgestellt ist, kann es sich weiter um den sog. optischen Charakter desselben, d. h. um die Frage handeln, welche davon die Axe der grösseren und welche die der kleineren Elasticität ist. Dies wird ermittelt durch Vergleichung mit einem anderen Mineralblättchen, in welchem der relative Werth dieser beiden Richtungen, der optische Charakter, bekannt ist.

Man kann sich dazu z. B. einer parallel zur Hauptaxe geschnittenen Quarzplatte bedienen, welche bei gekreuzten Nicols in den Schlitz des Tubus so eingeschoben wird, dass ihre Hauptaxe mit den Nicolhauptschnitten  $45^\circ$  bildet und so dick ist, dass sie dann für sich das empfindliche Purpurviolett zeigt. In dem Quarz mit optisch positivem Charakter liegt die Axe der kleinsten Elasticität  $c$  parallel der in bekannter Richtung verlaufenden Hauptaxe. Nun wird auf dem drehbaren Objecttisch das zu untersuchende Blättchen in eine solche Stellung gebracht, dass seine Elasticitätsaxen ebenfalls  $45^\circ$  mit den gekreuzten Nicols bilden, wobei dann natürlich in beiden Medien die Elasticitätsaxen überhaupt sich decken oder im Allgemeinen parallel gehen. Sind es nun gleichwerthige Axen, welche zusammenfallen, so muss das Mineralblättchen (in Folge der Vergrösserung des Gangunterschiedes der Strahlen) wie eine Verdickung der Quarzplatte wirken, und die Interferenzfarbe der letzteren muss daher steigen, durch Violett nach Blau und Grün der II. Ordnung. Decken sich aber ungleichwerthige Elasticitätsaxen, so wirkt das Blättchen wie eine Verdünnung der Quarzplatte und ihre Interferenzfarbe muss durch Roth und Orange nach Gelb der I. Ordnung fallen.

Statt der Quarzplatte kann man auch in derselben Weise ein dünnes Glimmerblättchen einschieben, welches zweckmässig als ein oblonges Rechteck geschnitten ist, dessen Längsseite parallel geht der optischen Axenebene des Glimmers; letztere ist bei dem Glimmer die Axe der kleinsten Elasticität  $c$ , und wird zu den gekreuzten Nicols in die  $45^\circ$ -Stellung gebracht. Nun wird das Untersuchungsobject wieder so eingefügt, dass seine Elasticitätsaxen mit denen des Glimmers parallel gehen und wenn dann die Axe der kleinsten Elasticität mit jener bekannten kleinsten des Glimmers sich deckt, so muss die Interferenzfarbe des letzteren steigen; zeigt der Glimmer in der Diagonalstellung das Roth der I. Ordnung, so muss in diesem Falle sich dasselbe durch Violett in Blau der II. Ordnung verwandeln. Fällt umgekehrt die



Interferenzfarbe des Glimmers, von Roth durch Orange in Hellgelb der I. Ordnung, so beweist dies wieder, dass die grösste Elasticitätsaxe des Untersuchungsobjects parallel geht mit der kleinsten (der längeren Kante) des Glimmerblättchens.

Endlich kann man sich auch für solche Feststellungen bei stark doppeltbrechenden Medien eines Quarzkeils bedienen, an welchem eine Fläche genau parallel der Hauptaxe geschliffen ist, während die andere damit einen sehr kleinen Winkel bildet und die Schneide des sich verjüngenden Keils rechtwinkelig auf der Hauptaxe des Quarzes liegt. Die der Hauptaxe parallele lange Kante des Keils ist die Axe der kleinsten Elasticität  $c$ . Um die dünnste Schneide weniger zerbrechlich zu machen, ist der Keil auf eine Glasplatte aufgekittet. Dieser Quarzkeil wird, am besten zwischen Ocular und Analysator, bei gekreuzten Nicols eingeschoben und zwar so, dass seine Hauptaxe (lange Kante)  $45^\circ$  gegen die Nicolhauptschnitte steht. Wenn man nun den Quarzkeil in der Richtung von der Schneide nach dem Rücken zu vorwärts bewegt, so erblickt man in Folge der steigenden Dicke die ganze Reihe der Newton'schen Farben streifenartig nebeneinander, von dem Eisengrau und Lavendelgrau der ersten Ordnung bis in die zweite oder dritte Ordnung hinein. Das zu untersuchende Blättchen auf dem Objecttisch wird theilweise auch ins Gesichtsfeld gebracht und zwar wiederum in solcher Lage, dass seine Elasticitätsaxen  $45^\circ$  gegen die Nicolhauptschnitte geneigt sind. Dadurch muss die Farbe des Quarzkeils an der Stelle, wo das Blättchen darunter liegt, geändert werden und zwar tritt dann, wenn die Axe der kleinsten Elasticität des Blättchens parallel der Kante des Quarzkeils verläuft, dort eine Farbe höherer Ordnung auf, welche in dem Quarzkeil selbst erst an einer dickeren Stelle vorhanden ist. Sofern dagegen die durch das Blättchen hervorgebrachte örtliche Farbenänderung des Quarzkeils umgekehrt einer Farbe niederer Ordnung entspricht, wie sie bei dem Quarzkeil an einer dünneren Stelle erscheint, alsdann ist es in dem Blättchen die Axe der grössten Elasticität, welche der Keilkante parallel geht.

Bei einigen einaxigen Mineralien (z. B. Melilith) hat man sowohl ganz schwach positiv als ganz schwach negativ sich verhaltende Varietäten beobachtet, auch Zwischenlieder, welche überhaupt keine Doppelbrechung zeigen.

Bei der Bestimmung der Brechungsquotienten nach der Methode von *Chaulnes* (S. 209) gibt bei einaxigen Krystallen eine senkrecht auf die Hauptaxe geschnittene Platte darnach nur den Brechungsquotienten  $\omega$  für den ordentlichen Strahl. An einer parallel mit der Hauptaxe geschnittenen Mineralplatte kann man aber die Brechungsquotienten für beide Strahlen, sowohl  $\omega$  als  $\varepsilon$  bestimmen, und zwar werden diese unterschieden durch den unterhalb des Objecttisches angebrachten polarisirenden Nicol (unter Weglassung des Analysators). Steht die in der Mineralplatte liegende Hauptaxe senkrecht auf der Schwingungsrichtung dieses Nicols, so ist der gefundene Brechungsquotient wiederum  $\omega$ , er muss also mit dem in einer basischen Platte ermittelten übereinstimmen. Wird darauf das Blättchen in seiner Horizontalebene um  $90^\circ$  gedreht, so dass seine Hauptaxe jetzt parallel mit dem Nicolhauptschnitt geht, so wird der Brechungsquotient  $\varepsilon$  für den anderen Strahl erhalten. — Bei zwei-axigen rhombischen Krystallen sind zur Bestimmung der drei Brechungsquotienten nach der *Chaulnes'schen* Methode mindestens zwei planparallele Platten erforderlich, von denen jede, einem Pinakoid entsprechend, senkrecht auf einer optischen Elasticitätsaxe steht; dieselben werden wiederum nach Einfügung blos des polarisirenden Nicols untersucht. Jede derselben liefert, wenn eine darin liegende Elasticitätsaxe einmal dem Nicolhauptschnitt parallel geht, das anderemal darauf senkrecht steht, zwei Hauptbrechungsquotienten. Diese reduciren sich insgesamt auf drei, da einer derselben auf zwei Platten übereinstimmend gefunden wird: die eine Platte liefert z. B.  $\alpha$  und  $\beta$ , die andere  $\alpha$  und  $\gamma$  oder  $\beta$  und  $\gamma$ .

Der mittlere durchschnittliche Brechungsquotient ist bei den einaxigen Mineralien  $= \frac{\varepsilon + 2\omega}{3}$ , bei den zwei-axigen  $= \frac{\alpha + \beta + \gamma}{3}$  oder  $\beta$ , wenn nur dieses bestimmt war.



Je höher die Brechungsquotienten sind, desto stärker reliefartig und mit desto dunklerer Umrandung treten in den Dünnschliffen die Mineralien im gewöhnlichen Licht hervor, desto mehr runzelig sieht ihre Oberfläche aus. Das Maass dieser Erscheinungen lässt also schon ungefähr auf die Höhe oder Niedrigkeit der Brechungsquotienten schliessen. Derjenige des Canadabalsams ist  $= 1,549$ .

Bei doppeltbrechenden Mineralien ist aber nicht nur die relative Höhe der Brechungsquotienten selbst, sondern auch ihr gegenseitiger Unterschied, d. h. das Maass oder die Stärke der Doppelbrechung, die Differenz zwischen  $\omega$  und  $\varepsilon$ , sowie zwischen  $\gamma$  und  $\alpha$  sehr charakteristisch und für die Diagnose geeignet, indem damit die Intensität der Interferenzfarben zusammenhängt (vgl. S. 220). Aus der Höhe oder Niedrigkeit der letzteren innerhalb der Newton'schen Farbenscala kann man bei bekannter Dicke auf die Stärke oder Schwäche der Doppelbrechung schliessen und umgekehrt<sup>1)</sup>.

Damit das Roth der ersten Ordnung entsteht, muss ein Blättchen von Chlorit ( $\gamma - \alpha = 0,004$ ) die relativ sehr beträchtliche Dicke von 0,551 mm besitzen, während dasselbe Roth sich beim Andalusit ( $\gamma - \alpha = 0,044$ ) schon bei einer Dicke von 0,05 mm, beim Muscovit ( $\gamma - \alpha = 0,042$ ) selbst bei 0,013 mm, beim Rutil ( $\omega - \varepsilon = 0,287$ ) bereits gar bei einem Blättchen von nur 0,00192 mm Dicke zeigen würde.

Mineralien (z. B. Zoisit, Melilith, Vesuvian), welche nur eine ausserordentlich schwache Doppelbrechung besitzen (und vielleicht für eine Farbe +, für eine andere — sind), zeigen zwischen gekreuzten Nicols nicht das Eisengrau im Anfang der I. Ordnung, sondern ein ganz eigenthümliches intensives Stahlgrau oder selbst Berlinerblau, welches von jedem anderen Blau der Farbenscala verschieden ist (sog. Ultra-Blau).

**§ 107. Untersuchungen im convergenten polarisirten Licht.** Diese Untersuchungen dienen allgemein dazu: 1) die einaxigen von den zweiaxigen Krystallen zu unterscheiden; 2) wiederum den relativen Werth der Elasticitätsachsen, den sog. optischen Charakter festzustellen; 3) die Dispersionen zu bestimmen; 4) den Winkel der optischen Axen zu messen; 5) kann dadurch auch für ein einfachbrechendes Blättchen ermittelt werden, ob es von einem überhaupt isotropen oder von einem einaxigen Mineral her stammt.

Interferenzbilder im convergenten polarisirten Licht. Etwas dickere planparallele Platten von doppeltbrechenden Krystallen, welche bei den optisch-einaxigen senkrecht auf die Hauptaxe, bei den zweiaxigen senkrecht auf eine der optischen Axen oder auf die Bisectrix geschnitten sind, offenbaren, namentlich wenn die Schwingungsebenen von Polarisator und Analysator gekreuzt sind, im Nörremberg'schen oder einem anderen für solchen Zweck eingerichteten Polarisationsinstrument im convergenten Licht sehr schöne bunte Farbenringe, was darin begründet ist, dass die aus der Platte austretenden Lichtstrahlen, im oberen Nicol

<sup>1)</sup> *Michel Lévy*, welchem man eine grosse Menge von Bestimmungen auf diesem Gebiet und den Nachweis ihrer Bedeutsamkeit verdankt, hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, wie dadurch in manchen Fällen zwei Mineralien, deren sonstige optische Eigenschaften ähnlich sind, unterschieden werden können. So haben der Enstatit und der Hypersthen eine zweimal geringere Doppelbrechung als die monoklinen Glieder der Pyroxengruppe; ebenso unterscheiden sich der Zoisit vom Epidot, der Korund vom Turmalin u. s. w. — Eine bewunderswerth hergestellte polychromatische Tafel, auf welcher man aus der bekannten Dicke eines Minerals und der Höhe der Newton'schen Farben für dasselbe direct das Maass der Doppelbrechung und umgekehrt ablesen kann, enthält das Werk »Les minéraux des roches«, Paris 1888 von *Michel Lévy* und *Lacroix*.