



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Elemente der Mineralogie

Naumann, Carl Friedrich

Leipzig, 1901

§. 105. Polarisation des Lichtes

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

Die Orthodiagonale fungirt also entweder als optische Normale (Fall 1), oder als spitze Bisectrix (Fall 2a), oder als stumpfe Bisectrix (Fall 2b); eine andere Orientirung ist nicht möglich.

Für die triklinen Krystalle, in welchen man auch drei auf einander senkrechte Elasticitätsachsen annimmt, lässt sich im Allgemeinen gar keine bestimmte Relation zwischen der Lage der optischen Axenebene und den krystallographischen Axen aufstellen, weil letztere ja nur ganz willkürlich gewählte Coordinaten sind; deshalb muss in jedem concreten Falle die Auffindung der Axenebene, der optischen Axen und ihrer Mittellinien durch Experimente versucht werden. Die optischen Elasticitätsachsen haben hier sämmtlich für jede Farbe und für jede Temperatur eine etwas andere Lage. Die Elasticitätsellipsoide für Licht von verschiedener Wellenlänge besitzen daher keine Axe mehr gemeinsam.

§ 105. Polarisation des Lichtes. Unter der Polarisation des Lichtes versteht man eine eigenthümliche Modification desselben, vermöge welcher seine fernere Reflexions- oder Transmissionsfähigkeit nach gewissen Seiten hin theilweise oder gänzlich aufgehoben wird. In einem planpolarisirten Strahl finden die transversalen Schwingungen sämmtlicher Aethertheilchen nur in paralleler Richtung, demnach nur in einer einzigen (zu einer Fortpflanzungsrichtung senkrecht) Ebene statt, während ein nicht polarisirter gewöhnlicher sich nach allen Seiten rings um seine Gangrichtung gleichartig verhält, also bei ihm die Aethertheilchen in unendlich vielen Richtungen schwingen. Polarisationsebene ist diejenige Ebene, zu welcher die Schwingungen eines polarisirten Strahls senkrecht erfolgen. Man kann das Licht sowohl durch Reflexion als auch durch Transmission polarisiren.

Lässt man z. B. einen Lichtstrahl auf einen an seiner Rückseite geschwärzten Glasspiegel unter dem Einfallswinkel von $54\frac{1}{2}^\circ$ auffallen, so zeigt er sich nach der Reflexion mehr oder weniger vollkommen polarisirt. Er hat nämlich seine fernere Reflexionsfähigkeit total verloren, sobald man ihn mit einem zweiten Spiegel (dem Prüfungsspiegel) unter demselben Einfallswinkel dergestalt auffängt, dass die Reflexionsebenen beider Spiegel auf einander rechtwinkelig sind. Dagegen findet noch eine vollständige Reflexion statt, wenn beide Reflexionsebenen einander parallel sind; sowie eine partielle Reflexion, wenn beide Ebenen irgend einen Winkel bilden, der zwischen 0° und 90° liegt. — Man nennt die Reflexionsebenen beider Spiegel auch die Polarisationsebenen derselben, und sagt, das Licht, welches vom ersten Spiegel reflektirt wird, sei nach der Richtung der Reflexionsebene desselben polarisirt, oder habe seine Polarisationsrichtung nach dieser Ebene. Demgemäß lässt sich die That-sache des Fundamentalversuchs auch allgemein so darstellen: wenn ein durch Reflexion polarisirter Lichtstrahl eine zweite polarisirende Spiegelfläche trifft, so wird er im Maximum oder Minimum der Intensität reflectirt, je nachdem die beiden Polarisationsebenen parallel oder rechtwinkelig sind. — Unter dem Polarisationswinkel einer reflectirenden Substanz versteht man denjenigen Einfallswinkel des Lichtes, bei welchem die Polarisierung desselben möglichst vollkommen erfolgt; so ist also $54\frac{1}{2}^\circ$ der Polarisationswinkel für gewöhnliches Spiegelglas. — Brewster fand, dass derjenige Einfallswinkel der Polarisationswinkel (p) ist, bei welchem der reflectirte Strahl auf dem gebrochenen senkrecht steht; $\tan p =$ dem Brechungsquotienten.

Das Licht kann aber auch durch Transmission oder Brechung polarisirt werden. Lässt man z. B. auf ein System von parallelen Glasplatten einen Lichtstrahl unter $54\frac{1}{2}^\circ$ einfallen, so wird sich nicht nur, wie eben gezeigt, der reflectirte Strahl, sondern auch der transmittirte Strahl polarisirt erweisen. Allein die Polarisations-Richtung beider Strahlen ist wesentlich verschieden, indem der reflectirte Strahl nach

einer Parallelebene, der transmittirte Strahl dagegen nach einer Normalebene der Einfallsebene polarisiert ist; man sagt daher, dass beide Lichtstrahlen auf einander rechtwinklig polarisiert sind.

Auch eine jede Doppelbrechung des Lichtes ist zugleich mit einer Polarisation desselben verbunden, indem beide Strahlen, sowohl O als E , jedoch beide auf einander rechtwinklig, und zwar O nach einer Parallelebene, E nach einer Normalebene des optischen Hauptschnitts der Eintrittsfläche polarisiert sind. Der ordentliche Strahl schwingt also senkrecht zum Hauptschnitt, der ausserordentliche parallel zu demselben oder in demselben: — Wenn jedoch ein Lichtstrahl den Krystall in der Richtung einer optischen Axe durchläuft, so erfolgt, zugleich mit dem Ausbleiben der Doppelbrechung, auch keine Polarisation des Lichtes und der Strahl verhält sich wie gewöhnliches (nicht polarisiertes) Licht.

Die beiden Strahlen O und E eines doppeltbrechenden Krystals verhalten sich also auf ähnliche Weise zu einander, wie der reflectirte und der transmittirte Strahl der Glasplattensäule.

Ein jedes Polarisationsinstrument besteht hauptsächlich aus zwei Theilen, dem Polarisator, welcher dazu dient, gewöhnliches Licht in den polarisierten Zustand zu versetzen, ihm nur eine einzige Schwingungsrichtung zu verleihen, und sodann dem Analysator, vermittels dessen das polarisierte Licht entweder für sich selbst oder nach seinem Durchgang durch das zu untersuchende Mineral bezüglich der mit ihm vorgegangenen Veränderungen geprüft wird. Als Polarisator kann im Allgemeinen ein reflectirender Spiegel, ein das Licht transmittirender Glasplattensatz verwandt werden. Bei den hier in Frage kommenden Instrumenten pflegt man sich aber dazu eines doppeltbrechenden Mediums zu bedienen, welches von dem eintretenden Lichtstrahl in anderer als der Richtung einer optischen Axe durchlaufen wird; jener Strahl liefert dabei durch Doppelbrechung zwei polarisierte Strahlen, von denen der eine entfernt werden muss. Man erreicht dies durch die farblosen und durchsichtigen sog. *Nicol'schen Prismen* (*Nicols*), von denen eines als Polarisator, ein anderes als Analysator dient. Ein solches Prisma wird aus zwei eigenthümlich geschliffenen, mit Canadabalsam zusammengekitteten Kalkspathstücken hergestellt. Dasselbe hat die Eigenschaft, von den zwei Strahlen, in welche ein auffallender Lichtstrahl gespalten wird, nur einen, und zwar den ausserordentlichen Strahl im vollkommen polarisierten Zustande hindurchzulassen, während der ordentliche Strahl an der Balsamschicht total reflectirt und durch die geschwärzten Seiten des Prismas absorbiert wird. Gehen die optischen Hauptschnitte zweier hintereinander befindlicher Nicols parallel, so ist das Gesichtsfeld hell, denn der aus dem ersten Nicol (dem Polarisator) austretende einzige polarisierte Strahl E , welcher parallel der Hauptaxe schwingt, kann in dem zweiten Nicol (dem Analysator) keine Zerlegung erfahren, sondern muss diesen letzteren wieder als ausserordentlicher Strahl mit unveränderter Schwingungsrichtung durchlaufen. Stehen die Hauptschnitte der beiden Nicols aber senkrecht (gekreuzt), so erscheint das Gesichtsfeld dunkel; in diesem Falle gelangt nämlich der aus dem Polarisator kommende ausserordentliche Strahl mit Schwingungen in den Analysator, welche senkrecht zu dessen Hauptschnitt stehen, d. h. er tritt in ihn als ordentlicher Strahl ein, und muss demzufolge seitlich reflectirt und als solcher gänzlich

vernichtet werden. Je kleiner der Winkel der beiden Nicolhauptschnitte ist, desto heller, je mehr er sich 90° nähert, desto dunkler erscheint das Gesichtsfeld. — Neuerlich hat man den polarisirenden Prismen auch wohl eine etwas abweichende Construction gegeben, wodurch aber das Wesentliche ihrer Wirkung nicht verändert wird¹⁾.

Die hierher gehörigen Untersuchungen werden entweder im parallelen oder im convergenten polarisierten Licht ausgeführt. Das erstere wird erzeugt, indem man mit einem gewöhnlichen Mikroskop eine Polarisationsvorrichtung in der Weise verbindet, dass der polarisirende Nicol in fixer Stellung von unten her in den Objecttisch eingeführt wird, während man den analysirenden Nicol entweder gekreuzt in einen Schlitz des Tubus einführt, oder ihn in einem mit Gradeintheilung versehenen drehbaren Hut auf das Ocular oben aufsetzt. In diesem Falle gelangt das am Spiegel reflectirte Tageslicht durch den Polarisator als schmales und daher fast paralleles Lichtbündel in die Mineralplatte, welche also im parallelen polarisierten Licht untersucht wird.

Um nun anderseits sowohl die Untersuchung im convergenten Licht, im Lichtkegel, vornehmen zu können, als auch ein grösseres Gesichtsfeld zu erhalten, bedient man sich des sog. Nörremberg'schen Polarisationsinstruments, dessen Construction im Wesentlichen auf Folgendes hinausläuft: Am Fuss eines verticalen Stativs befindet sich als Polarisator entweder eine Spiegelcombination, oder ein Glasplattensatz, eine Turmalinplatte oder ein Nicol, wobei die drei letzteren ihr Licht durch einen Erleuchtungsspiegel beziehen. Die parallelen polarisierten Strahlen werden in einem darauf folgenden Linsensatz von kurzer Brennweite stark convergent gemacht und durchsetzen so das unmittelbar darüber befindliche Untersuchungsobject, aus welchem sie divergent austreten. Nun passiren sie ein weiter nach oben angebrachtes zweites Linsensystem, welches sie wieder schwächer convergent macht, und welches mit dem unteren ein möglichst grosses Gesichtsfeld, übrigens keine sehr bedeutende Vergrösserung, gewährt, weshalb das Instrument auch nur mit Unrecht Polarisationsmikroskop hieß. Am obersten Ende des Rohres befindet sich noch eine Loupe (Ocular), durch welche das entstandene reelle Bild als ein virtuelles erblickt wird. Als Analysator, der wie die beiden Linsensätze an dem Stativ verschiebbar ist, dient oben ein drehbarer Nicol, dessen Polarisationsebene alle Stellungen zu denjenigen des Polarisators annehmen kann. — Ueber

1) Platten des hexagonalen Turmalins, welche der Hauptaxe parallel geschliffen sind, erlangen bei einem gewissen Grade der Verdickung ebenfalls die Eigenschaft, dass von den beiden in ihnen durch Doppelbrechung entstandenen Strahlen nur der Strahl *E*, welcher nach $0R$ polarisiert ist, durchgelassen wird, indem *O* innerhalb des Minerals zur Absorption gelangt. Der Turmalin lässt also nur solche Schwingungen im Maximum durch, welche parallel seiner Hauptaxe gerichtet sind. Stehen die Hauptaxen zweier, hinter einander in einer Zange befindlicher Turmalinplatten parallel, so geht der Lichtstrahl durch beide wie durch eine einzige dickere Platte ungestört hindurch; werden aber die Hauptaxen senkrecht gekreuzt, so tritt der aus der einen kommende einzige Strahl *E* in die zweite als *O* ein und muss innerhalb der letzteren absorbiert werden. Senkrecht gekreuzte Turmalinplatten wirken daher wie ebenso gestellte Nicol'sche Prismen und erscheinen beim Durchblicken dunkel. Eine solche Turmalinzange hat den Nachtheil, dass sie nur gefärbtes Licht liefert.

Um zu erkennen, ob ein Strahl polarisiert ist, genügt es daher, ihn senkrecht auf ein Nicol'sches Prisma oder auf eine Turmalinplatte fallen zu lassen und die letzteren beiden Objecte um die Richtung des Strahles zu drehen; geht bei einer gewissen Stellung derselben das Licht nicht mehr hindurch, so ist dasselbe polarisiert (und führt seine Schwingungen senkrecht zur kurzen Diagonale des Nicols und zur Hauptaxe des Turmalins aus).

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

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

Unterschied von einfach- und doppelbrechenden dünnen Mineralblättchen im weissen parallelen polarisierten Licht. Aufsuchung der Lage der Elasticitätsachsen. 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 Polarisationsebene ertheilen zu können. Wird nun ein dünnes planparalleles Blättchen eines einfach-brechenden Minerals (regulären Krystals oder amorphen Körpers) auf den Objecttisch zwischen beide Nicols gebracht, deren Hauptschnitte oder Polarisationsebenen 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 polarisierten 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