



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lehrbuch der Experimentalphysik

Lommel, Eugen von

Leipzig, 1908

364. Polarisation des Lichts

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83789](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-83789)

natürlichen Farben zu photographieren. Als lichtempfindliche Schicht dient ein dünnes, auf einer Glasplatte ausgebreitetes Häutchen aus Albumin, in welchem Jod- und Bromsilber äußerst fein und gleichmäßig verteilt sind. Diese Platte bildet, das Häutchen nach innen, die Vorderwand eines mit Quecksilber gefüllten Glastroges; die auf ihr aufgenommene und wie gewöhnlich entwickelte und fixierte Photographie des Spektrums zeigt nun vor dunklem Hintergrund im reflektierten Licht die Spektralfarben, jede an ihrer Stelle, im durchgehenden Licht die komplementären Farben. Während des Photographierens bilden nämlich die einfallenden mit den an der Quecksilberfläche zurückgeworfenen Strahlen innerhalb der empfindlichen Schicht stehende Wellen, mit zur Oberfläche der Schicht parallelen Bauch- und Knotenebenen. In den letzteren wird gar keine photographische Wirkung stattfinden; in den ersteren dagegen werden die Silbersalze am stärksten zersetzt werden. Es werden sich daher schichtweise Ablagerungen von reflektierenden Silberteilchen bilden, und das Häutchen wird dadurch in eine Reihe sehr dünner Blättchen geteilt, deren Dicke für jede Farbe gleich dem Abstand zweier Bäuche, also gleich einer halben Wellenlänge der betreffenden Farbe ist. Fällt nun weißes Licht auf ein solches Blättchen, so findet zwischen dem an der Vorderfläche und dem an der Hinterfläche reflektierten Anteil Interferenz statt, vermöge des Gangunterschiedes, welcher gleich der doppelten Dicke des Blättchens ist. Aber nur für eine der im weißen Lichte enthaltenen Farben ist dieser Gangunterschied eine ganze Wellenlänge, nämlich für diejenige, welche beim Photographieren auf diese Stelle der Platte gewirkt hat; indem die beiden Lichtanteile interferieren, wird nur diese Farbe verstärkt, während die übrigen sich mehr oder weniger schwächen. An jeder Stelle des Bildes haben also die Blättchen genau diejenige Dicke, welche notwendig ist, um durch Interferenz im reflektierten Licht die dorthin treffende Farbe wieder hervorzubringen. Die Farben, welche das Bild zeigt, sind also zunächst nichts anderes als Farben dünner Blättchen; sie erscheinen jedoch viel reiner und gesättigter als diese. Es hat dies seinen Grund darin, daß innerhalb der empfindlichen Schicht wegen der Kleinheit der Lichtwellen eine größere Zahl solcher dünner Blättchen übereinander gelagert sind. Je mehr reflektierende Flächen vorhanden sind, desto reiner wird die reflektierte Farbe. Denn diese zahlreichen, der Tiefe nach in gleichen Abständen aufeinanderfolgenden Flächen bilden ein Gitter, welches nur jeweils Strahlenbündel der zugehörigen Farbe, deren Gangunterschiede eine Anzahl ganzer Wellenlängen ausmachen, verstärkt, diejenigen von anderer Farbe aber vernichtet.

364. **Polarisation des Lichts.** Turmalinplatten, von welchen wir jetzt und in der Folge Gebrauch machen, werden aus Turmalin, einem in Gestalt einer sechsseitigen Säule kristallisierten Halbedelstein, parallel der Säulenachse geschnitten. Licht, welches durch eine solche Platte hindurchgedrungen ist, zeigt dem bloßen Auge keine andere Veränderung, als daß es (durch Absorption) die braune oder olivengrüne Färbung, welche dem Kristall eigen ist, angenommen hat. Legt man nun auf die erste Turmalinplatte eine zweite und zwar zunächst so, daß die Kristallachsen der beiden Platten zueinander parallel, z. B. beide von unten nach oben (Fig. 389 A), gerichtet sind, so geht das aus der ersten Platte tretende Licht auch durch die zweite, indem es nur wegen der größeren Dicke, die es jetzt zu durchlaufen hat, eine etwas tiefere Färbung annimmt. Dreht man aber die zweite Platte in ihrer Ebene, so wird das durch beide Platten gegangene Licht immer dunkler und verschwindet endlich ganz, wenn die Achsen der beiden Kristalle zueinander senkrecht stehen (Fig. 389 B); dreht man noch weiter, so erscheint das Licht allmählich wieder und erreicht die ursprüngliche Helligkeit, wenn die

Kristallachsen wieder parallel stehen. Ein natürlicher, unmittelbar von einer Lichtquelle ausgehender Lichtstrahl würde von der zweiten Turmalinplatte in jeder ihrer Stellungen mit der gleichen Lichtstärke

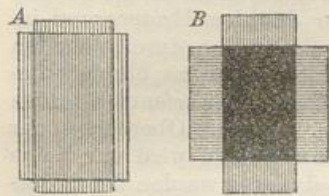


Fig. 389.

Turmalinplatten.

durchgelassen werden; der durch die erste Turmalinplatte gegangene Lichtstrahl verhält sich also nicht mehr wie natürliches Licht; denn er wird von der zweiten Platte nur dann ungeschwächt durchgelassen, wenn ihre Kristallachse parallel zur Achse der ersten Platte gerichtet ist; er wird dagegen nicht durchgelassen, wenn die Achse der zweiten Platte mit der Achse der ersten Platte sich recht-

winklig kreuzt. Während also ein natürlicher Lichtstrahl das gleiche Verhalten zeigt, welche der verschiedenen Fig. 390 A (in dieser Figur denke man sich den Lichtstrahl wie in der vorigen senkrecht aus der Ebene der Zeichnung gegen das Auge des Beobachters kommend) angedeuteten Stellungen man der Achse der Turmalinplatte, mit welcher man ihn prüft, auch geben mag, und sonach in allen zu seiner Fortpflanzung senkrechten Richtungen gleich beschaffen ist, ist bei dem durch eine erste Turmalinplatte gegangenen Lichtstrahl unter allen diesen Richtungen eine besonders ausgezeichnet (Fig. 390 B), indem der Lichtstrahl durch eine zweite Turmalinplatte hindurchgeht oder nicht hindurchgeht, je nachdem diese zweite Platte mit ihrer charakteristischen Richtung zu der entsprechenden der ersten Platte parallel oder senkrecht angeordnet ist. Ein derartigen Strahl, welcher nach verschiedenen Seiten hin sich verschieden verhält, nennt man mit einem nicht gerade glücklich gewählten Ausdruck „polarisiert“.

Von der Möglichkeit eines solchen Verhaltens kann man sich nun vom Standpunkte der Wellenlehre leicht Rechenschaft geben. Bei einer Wellenbewegung können im allgemeinen die Schwingungen der einzelnen Teilchen des in Wellenbewegung befindlichen Stoffes sowohl in der Richtung, nach welcher die Welle fortschreitet, d. h. in der Richtung des Strahles, erfolgen (longitudinale oder Längsschwingungen), als auch senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung vor sich gehen (transversale oder Querschwingungen). Das erstere findet z. B. statt bei den Schallwellen in der Luft, welche nur durch Längsschwingungen fortgepflanzt werden. Querschwingungen dagegen beobachtet man z. B. an einem langen zwischen den Punkten A und B (Fig. 391) gespannten Seil, wenn man ihm etwa in lotrechter Richtung einen Schlag versetzt; man sieht alsdann am Seil entlang Wellen sich fortpflanzen, wobei jeder Punkt des Seiles senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung auf und ab schwingt. Ein von B nach A in Richtung des Seiles blickender Beobachter würde die Schwingungen in einer lotrechten Richtung wie Fig. 390 B erfolgen sehen und an dem schwingenden Seil die obere und untere Seite, nach welchen die Schwingungen abwechselnd gerichtet sind, von der rechten und linken Seite, nach welchen hin keine Schwingungen vor sich gehen,

wesentlich verschieden finden. Er würde sich ferner überzeugen können, daß, wenn man das Seil durch einen Schlitz hindurchgehen läßt, die lotrechten Schwingungen sich ungehindert fortpflanzen, sobald man den Schlitz lotrecht stellt, sich dagegen nicht durch den Schlitz fortpflanzen können, wenn man ihn wagrecht stellt. Da sich sonach der betrachtete Seilwellenstrahl AB nach verschiedenen Seiten verschieden verhält, ähnlich wie ein durch eine Turmalinplatte gegangener Lichtstrahl, so könnte man ihn ebensogut wie diesen „polarisiert“ nennen; und andererseits erkennt man, daß das Ver-

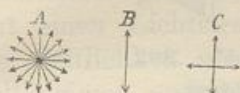


Fig. 390.

Querschnitte von Lichtstrahlen.

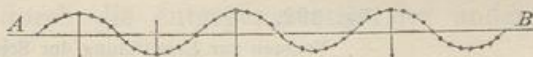


Fig. 391.

Polarisierter Lichtstrahl.

halten eines polarisierten Lichtstrahles AB (Fig. 391) sich leicht erklärt durch die Annahme, daß sich das Licht in ihm nur durch Querschwingungen fortpflanzt, die sämtlich in einer und derselben durch den Strahl gelegten Ebene erfolgen. Diese Ebene, in Fig. 391 die Ebene der Zeichnung, heißt Schwingungsebene.

Da in der Turmalinplatte alles symmetrisch ist in bezug auf die kristallographische Achse, so ist es einleuchtend, daß die charakteristische Richtung, in der sich die Schwingungen des hindurchgegangenen Lichtes vollziehen, entweder jener Symmetrieachse parallel oder zu ihr senkrecht liegen muß. An und für sich vermag der Versuch mit den beiden Turmalinplatten nicht zu entscheiden, welche von diesen beiden Richtungen die Schwingungsrichtung ist. Dagegen gestattet der folgende einfache Versuch, wenigstens mit einiger Wahrscheinlichkeit, auf die Richtung der Schwingungen zu schließen. Dreht man eine Turmalinplatte $abcd$ (Fig. 392), während man durch sie in der Richtung on nach einer weißen Fläche blickt, um eine zur Kristallachse parallele Umdrehungsachse fg in die Lage $a'b'c'd'$, so bleibt die Helligkeit des Gesichtsfeldes fast ungeändert. Neigt man aber die Platte derart gegen die Strahlenrichtung no (Fig. 393), daß die zur Kristallachse senkrechte Linie hi die Umdrehungsachse bildet, so wird das Gesichtsfeld bedeutend dunkler. Nun liegt es nahe, anzunehmen, daß eine Änderung der Helligkeit nur dann eintreten kann, wenn der Winkel, den die Schwingungsrichtung mit der Kristallachse bildet, ein anderer wird. Nehmen wir an, daß das austretende Licht seine Schwingungen senkrecht zur Kristallachse ausführe, so würden die Schwingungen sowohl bei der Drehung im ersten Falle, wie bei der Drehung im zweiten Falle ihre rechtwinklige Lage zur Achse behalten. Nehmen wir aber an, das Licht schwinde parallel zur Achse, so bleibt es der Achse parallel bei der ersten Drehung, während im zweiten Falle der Winkel zwischen der Schwingungsrichtung und der Achse mit zunehmender

Drehung immer größer wird. Wir haben somit Grund (mit Fresnel) anzunehmen, daß die Schwingungsebene des aus der Turmalinplatte austretenden polarisierten Strahles zur Kristallachse parallel sei, wie durch Fig. 394 noch besonders veranschaulicht wird.

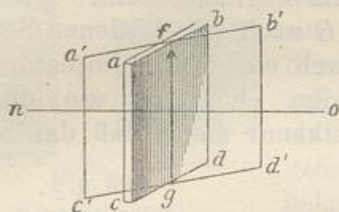


Fig. 392.

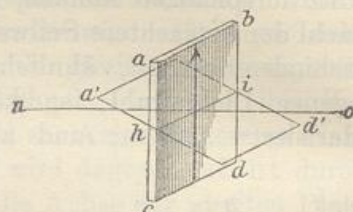


Fig. 393.

Versuch zur Ermittlung der Schwingungsrichtung.

Der Versuch mit den gekreuzten Turmalinplatten (Fig. 389 B) beweist, daß in einem polarisierten Lichtstrahl nur Querschwingungen, aber keine Längsschwingungen enthalten sind. Wären nämlich letztere vorhanden, so müßten sie, da die Beschaffenheit eines Strahles in bezug auf Längsschwingungen notwendig ringsherum die nämliche ist, wie durch die erste, so auch durch die zweite Turmalinplatte hin-

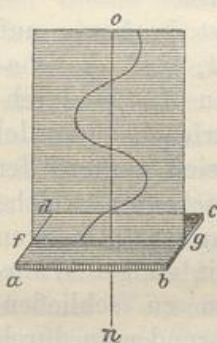


Fig. 394.

Lage der Schwingungsebene beim Turmalin.

durchgehen, welche Stellung man der letzteren auch geben mag, und es könnte niemals, wie es doch bei gekreuzter Stellung der Platten der Fall ist, völlige Dunkelheit eintreten. Aber auch ein natürlicher Lichtstrahl, wie er unmittelbar von einer Lichtquelle geliefert wird, kann nur aus Querschwingungen bestehen; denn er läßt sich ohne Schwächung in zwei zueinander senkrecht polarisierte Strahlen zerlegen. Da ein natürlicher Lichtstrahl ringsherum die gleiche Beschaffenheit zeigt, so muß man sich vorstellen, daß gleichzeitig in seinen verschiedenen Teilen und rasch nacheinander an derselben Stelle die Schwingungen nach allen Seiten erfolgen, wie in Fig. 390 A angedeutet ist, welche gleichsam den Querschnitt eines senk-

recht aus der Papierfläche gegen das Auge des Beschauers kommenden natürlichen Lichtstrahles darstellt, während Fig. 390 B in ähnlicher Weise den Querschnitt eines polarisierten Lichtstrahles versinnlicht. Die Richtigkeit dieser Anschauung wird durch folgenden Versuch bestätigt. Läßt man eine Turmalinplatte rasch in ihrer Ebene (um die Strahlenrichtung no , Fig. 394, als Achse) sich drehen, so verhält sich das aus der Platte austretende Licht, dessen Schwingungen jetzt innerhalb sehr kurzer Zeit nach allen möglichen zum Strahl senkrechten Richtungen vor sich gehen, ganz wie natürliches Licht. Nehmen wir im Querschnitt eines natürlichen Lichtstrahles zwei beliebige zueinander senkrechte Richtungen an (Fig. 390 C), so läßt sich jede Schwingung den Regeln der Mechanik

gemäß nach diesen beiden Richtungen in zwei Teilschwingungen (Komponenten) zerlegen (21); durch Zusammenfassung aller in dieselbe Richtung fallenden Komponenten kann daher die Bewegung in einem natürlichen Lichtstrahl auf zwei gleiche, zueinander senkrechte Schwingungen zurückgeführt werden, oder, mit anderen Worten, ein natürlicher Lichtstrahl darf angesehen werden als zusammengesetzt aus zwei zueinander senkrecht polarisierten voneinander unabhängigen Strahlen von gleicher Lichtstärke. Auch diese Anschauung wird durch den Versuch gerechtfertigt; denn zwei zueinander senkrecht polarisierte gleichhelle Strahlen geben, miteinander vereinigt, in der Tat einen Lichtstrahl, der sich wie ein natürlicher verhält, indem die Seitlichkeit des einen durch die entgegengesetzte des anderen vollkommen aufgehoben wird.

Betrachtet man das von einer ebenen Glasplatte oder irgend einer anderen nichtmetallischen Oberfläche zurückgeworfene Licht durch eine Turmalinplatte, so erscheint es, wenn man die Turmalinplatte in ihrer Ebene um den zurückgeworfenen Strahl als Achse dreht, bald heller, bald dunkler, verschwindet jedoch (im allgemeinen) bei keiner Stellung der Turmalinplatte vollständig. Am hellsten erscheint es, wenn die Kristallachse des Turmalins zur Zurückwerfungsebene oder Einfallsebene senkrecht steht, am dunkelsten, wenn sie in diese Ebene zu liegen kommt. Das von der Glasplatte zurückgeworfene Licht ist sonach weder natürliches, noch ist es vollständig polarisiert, sondern verhält sich so, als ob es aus natürlichem und aus polarisiertem Lichte, dessen Schwingungen zur Reflexionsebene senkrecht stehen, gemischt wäre; man bezeichnet es daher als teilweise polarisiert. Das Verhältnis des polarisierten Anteils zum nichtpolarisierten ändert sich mit dem Einfallswinkel. Bei senkrechtem Einfallen z. B. enthält das zurückgeworfene Strahlenbündel gar kein polarisiertes Licht; beträgt aber der Einfallswinkel 57° , oder bildet der einfallende Strahl (ab , Fig. 395) einen Winkel abb von 33° mit der Glasplatte, so fehlt der unpolarisierte Anteil ganz. Bei diesem Einfallswinkel, welcher der Polarisationswinkel genannt wird, ist also das von der Glasplatte zurückgeworfene Licht (bc) vollständig polarisiert, und zwar erfolgen seine Schwingungen senkrecht zur Polarisationssebene, wie die Zurückwerfungsebene abc in diesem Fall auch genannt wird. Diese Lage der Schwingungsebene ($d f i m$) wird durch Fig. 395 versinnlicht. Statt das von der Glasplatte zurückgeworfene Licht mittels einer Turmalinplatte zu untersuchen, kann man es auch unter demselben Winkel auf einer zweiten Glasplatte auffangen (Fig. 396); stehen die beiden Platten, wie in der Figur, zueinander parallel, so fallen ihre Reflexionsebenen zusammen, und der an der ersten Platte polarisierte Strahl bc , dessen Schwingungen zur gemeinschaftlichen Reflexionsebene senkrecht sind, wird an der zweiten Platte nach cd zurückgeworfen. Dreht man aber die zweite Platte, während sie mit dem Strahl bc stets den Winkel 33° bildet, aus dieser Stellung heraus, so wird das von ihr

zurückgeworfene Licht immer schwächer und verschwindet endlich ganz, wenn die beiden Reflexionsebenen senkrecht aufeinander stehen, weil bei dieser gekreuzten Stellung die Schwingungen des Strahles bc in die Reflexionsebene der zweiten Platte zu liegen kommen, die Platte aber unter diesem Einfallswinkel nur solche Schwingungen zurückzuwerfen vermag, welche zu ihrer Reflexionsebene senkrecht erfolgen. Zu diesem Versuch werden die Platten gewöhnlich auf der Rück-

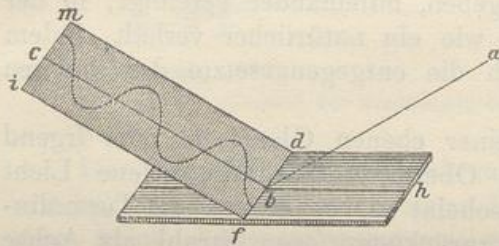


Fig. 395.
Polarisation durch Reflexion.

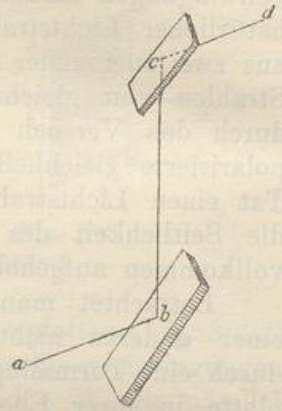


Fig. 396.
Polarisationsspiegel.

seite geschwärzt, oder sie sind aus schwarzem Glas verfertigt, um das sonst durch sie hindurchgehende unpolarisierte fremde Licht auszuschließen.

Auch das von einer Glasplatte unter schiefem Winkel durchgelassene Licht erweist sich, mit einer Turmalinplatte untersucht, als teilweise polarisiert, und zwar liegen die Schwingungen des polarisierten Anteils in der Einfallsebene, oder das durchgelassene Licht ist senkrecht polarisiert zum zurückgeworfenen. Diese Tatsache ist die notwendige Ergänzung zur Polarisation des reflektierten Lichtes. Beide Lichtbündel, das reflektierte und das gebrochene, müssen sich zusammen zu dem natürlichen einfallenden Lichte ergänzen. Daher sind auch, wie Arago gezeigt hat, bei jedem Einfallswinkel, die zueinander senkrecht polarisierten Lichtmengen im zurückgeworfenen und gebrochenen Strahl einander gleich. Um die Verhältnisse etwas deutlicher zu übersehen, denken wir uns die Schwingungen des natürlichen einfallenden Lichtes in jedem Augenblicke in zwei Teilschwingungen zerlegt, von denen die eine in der Einfallsebene, die andere senkrecht dazu erfolgt. Daß dies gestattet ist, und daß dabei die beiden Teilschwingungen gleich stark, aber voneinander ganz unabhängig sein müssen, haben wir oben schon gesehen. Bei dem Auftreffen auf die Glasoberfläche teilt sich jeder der beiden Teilstrahlen in einen zurückgeworfenen und einen gebrochenen Anteil, deren Stärken zusammen gleich der Stärke des einfallenden Strahles sind. Dabei ist für diejenige Schwingung, die sich in der Einfallsebene vollzieht, der reflektierte Anteil immer kleiner, als für den senkrecht zur Einfallsebene schwingenden Strahl; unter dem Polarisationswinkel wird nur der letztere reflektiert. Im gebrochenen Licht aber ist der

in der Einfallsebene schwingende Strahl stets stärker als der senkrecht zur Einfallsebene schwingende. Unter dem Polarisationswinkel geht der erstere ganz in das Glas über, da nichts von ihm reflektiert wird, der zweite aber nur teilweise. Daher ist der hindurchgehende Strahl unter allen Einfallswinkeln stets nur teilweise, niemals vollständig polarisiert. Gleichwohl läßt sich eine nahezu vollständige Polarisation der durchgegangenen Strahlen erzielen, wenn man statt einer einzigen Glasplatte eine Schicht von hinlänglich vielen Platten oder eine sogenannte Glassäule anwendet. Fällt nämlich auf eine solche Plattenschicht unter dem Polarisationswinkel ein natürlicher Lichtstrahl, so geht der in der Einfallsebene schwingende Teilstrahl, weil er gar nicht zurückgeworfen wird, durch sämtliche Platten ohne Verlust hindurch; der senkrecht zur Einfallsebene schwingende Teilstrahl dagegen erleidet an jeder Fläche eine teilweise Zurückwerfung und wird dadurch bis zur Unmerklichkeit geschwächt. Die Glassäule läßt daher unter dem Polarisationswinkel nur solche Strahlen durch, deren Schwingungen parallel zur Einfallsebene vor sich gehen.

Der Polarisationswinkel ist für verschiedene Stoffe verschieden; er wächst mit dem Brechungsverhältnis, wie schon Malus, der Entdecker der Polarisation durch Spiegelung (1810), erkannt hatte, und beträgt z. B. für Wasser 53° , für Schwefelkohlenstoff 59° , für Flintglas 60° usw. Die gesetzmäßige Beziehung zwischen Polarisationswinkel und Brechungsverhältnis wurde aber erst 1815 von Brewster aufgedeckt, welcher zeigte, daß der Polarisationswinkel derjenige Einfallswinkel ist, für den der zurückgeworfene Strahl (bc , Fig. 397) mit

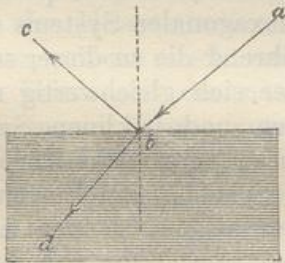


Fig. 397.

Polarisationswinkel (Brewstersches Gesetz).

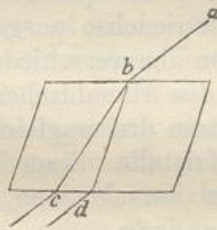


Fig. 398.

Doppelbrechung.

dem gebrochenen (bd) einen rechten Winkel bildet. Da hiernach zum Polarisationswinkel p der Winkel $90^\circ - p$ als Brechungswinkel gehört, so ergibt sich vermöge des Brechungsgesetzes $\sin p / \sin (90^\circ - p) = \sin p / \cos p = n$ oder $\operatorname{tg} p = n$ als Ausdruck des Brewsterschen Gesetzes. Weißes Licht kann daher, weil für jede homogene Farbe der Brechungsindex n und deshalb auch der Polarisationswinkel ein anderer ist, durch Reflexion niemals vollständig polarisiert werden.

365. **Doppelbrechung.** Alle nicht zum regelmäßigen Kristallsystem gehörigen kristallisierten Körper besitzen die Eigenschaft, einen in sie eindringenden Lichtstrahl (ab) im allgemeinen in zwei Strahlen (bc und bd) zu trennen (Fig. 398). Durch die Spaltbarkeit

Kristallachsen wieder parallel stehen. Ein natürlicher, unmittelbar von einer Lichtquelle ausgehender Lichtstrahl würde von der zweiten Turmalinplatte in jeder ihrer Stellungen mit der gleichen Lichtstärke

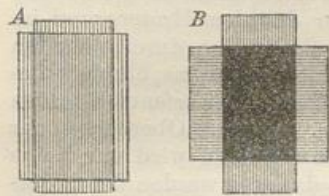


Fig. 389.

Turmalinplatten.

durchgelassen werden; der durch die erste Turmalinplatte gegangene Lichtstrahl verhält sich also nicht mehr wie natürliches Licht; denn er wird von der zweiten Platte nur dann ungeschwächt durchgelassen, wenn ihre Kristallachse parallel zur Achse der ersten Platte gerichtet ist; er wird dagegen nicht durchgelassen, wenn die Achse der zweiten Platte mit der Achse der ersten Platte sich recht-

winklig kreuzt. Während also ein natürlicher Lichtstrahl das gleiche Verhalten zeigt, welche der verschiedenen Fig. 390 A (in dieser Figur denke man sich den Lichtstrahl wie in der vorigen senkrecht aus der Ebene der Zeichnung gegen das Auge des Beobachters kommend) angedeuteten Stellungen man der Achse der Turmalinplatte, mit welcher man ihn prüft, auch geben mag, und sonach in allen zu seiner Fortpflanzung senkrechten Richtungen gleich beschaffen ist, ist bei dem durch eine erste Turmalinplatte gegangenen Lichtstrahl unter allen diesen Richtungen eine besonders ausgezeichnet (Fig. 390 B), indem der Lichtstrahl durch eine zweite Turmalinplatte hindurchgeht oder nicht hindurchgeht, je nachdem diese zweite Platte mit ihrer charakteristischen Richtung zu der entsprechenden der ersten Platte parallel oder senkrecht angeordnet ist. Ein derartigen Strahl, welcher nach verschiedenen Seiten hin sich verschieden verhält, nennt man mit einem nicht gerade glücklich gewählten Ausdruck „polarisiert“.

Von der Möglichkeit eines solchen Verhaltens kann man sich nun vom Standpunkte der Wellenlehre leicht Rechenschaft geben. Bei einer Wellenbewegung können im allgemeinen die Schwingungen der einzelnen Teilchen des in Wellenbewegung befindlichen Stoffes sowohl in der Richtung, nach welcher die Welle fortschreitet, d. h. in der Richtung des Strahles, erfolgen (longitudinale oder Längsschwingungen), als auch senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung vor sich gehen (transversale oder Querschwingungen). Das erstere findet z. B. statt bei den Schallwellen in der Luft, welche nur durch Längsschwingungen fortgepflanzt werden. Querschwingungen dagegen beobachtet man z. B. an einem langen zwischen den Punkten A und B (Fig. 391) gespannten Seil, wenn man ihm etwa in lotrechter Richtung einen Schlag versetzt; man sieht alsdann am Seil entlang Wellen sich fortpflanzen, wobei jeder Punkt des Seiles senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung auf und ab schwingt. Ein von B nach A in Richtung des Seiles blickender Beobachter würde die Schwingungen in einer lotrechten Richtung wie Fig. 390 B erfolgen sehen und an dem schwingenden Seil die obere und untere Seite, nach welchen die Schwingungen abwechselnd gerichtet sind, von der rechten und linken Seite, nach welchen hin keine Schwingungen vor sich gehen,