

VORBEREITUNG: POLARISATION

TOBIAS FREY, FREYA GNAM,

ERLÄUTERUNG WICHTIGER BEGRIFFE

Licht als elektromagnetische Welle und die Eigenschaft der Polarisation. In Modellen, die die Natur des Lichtes erklären, wird Licht entweder als Welle oder als Teilchen aufgefasst. Bei diesem Versuch wird das Wellenmodell des Lichtes verwendet. Licht ist in diesem Modell eine elektromagnetische transversale Welle, wobei das B-Feld und das E-Feld zueinander senkrecht stehen. Wie bei jeder transversalen Welle steht auch bei Licht die Schwingungsebene, in der das E-Feld und das B-Feld liegen, senkrecht auf der Ausbreitungsrichtung. Die Polarisation einer elektromagnetischen Welle ist durch die Richtung des elektrischen Feldvektors \vec{E} definiert. Man unterscheidet dabei drei Arten der Polarisation.

Linear polarisiertes Licht. Licht, bei dem die Auslenkungen der Welle nur eine Richtung (bzw. deren Gegenrichtung) senkrecht zur Ausbreitungsrichtung annehmen, nennt man linear polarisiert.

Zirkular polarisiertes Licht. Bei zirkular polarisiertem Licht dreht sich der Feldvektor bei Voranschreiten der Welle mit konstanter Winkelgeschwindigkeit um den Wellenvektor und ändert seinen Betrag dabei nicht.

Elliptisch polarisiertes Licht. Bei polarisiertem Licht rotiert der E-Feldvektor um den Wellenvektor und ändert dabei periodisch den Betrag. Betrachtet man die Spitze des E-Feldvektors, so beschreibt diese dabei eine Ellipse. Lineare und zirkulare Polarisation können auch als Grenzfälle der elliptischen Polarisation aufgefasst werden.

Doppelbrechung. Doppelbrechung tritt zum Beispiel im Kalkspat und in anderen Kristallen mit geringerer als kubischer Symmetrie auf. Sie kann aber auch in manchen Kunststoffen auftreten, wenn diese unter Spannung stehen. Materialien, die transparent sind und in denen die Lichtgeschwindigkeit in alle Richtungen gleich ist, werden als optisch isotrop bezeichnet. Doppelbrechende Materialien hingegen sind auf Grund ihres atomaren Aufbaus anisotrop. Das heißt, dass sich Licht in ihnen in verschiedenen Richtungen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit ausbreitet. So spaltet sich ein Lichtstrahl beim Eintritt in ein optisch anisotropes Medium in zwei Teilstrahlen auf. In den ordentlichen und den außerordentlichen Lichtstrahl, deren Polarisationsrichtungen senkrecht aufeinander stehen. Die Ausbreitungsrichtung dieser Strahlen hängt von der

relativen Orientierung des Materials zum einfallenden Licht ab. Bei optisch doppelbrechenden Materialien gibt es eine Richtung, in der sich die beiden Strahlen mit gleicher Geschwindigkeit ausbreiten. Diese Richtung wird die optische Achse genannt. Trifft das Licht unter einem von Null verschiedenen Winkel zur optischen Achse auf das anisotrope Medium, so laufen die beiden Strahlen in verschiedene Richtungen und treten getrennt aus. Im Fall, dass das Licht senkrecht auf die Oberfläche des Kristalles und dabei auch noch senkrecht auf die optische Achse auftrifft, breiten sich die beiden Strahlen in die gleiche Richtung aber mit unterschiedlicher Geschwindigkeit aus. Aus diesem Grund verlassen die beiden Strahlen das anisotrope Medium mit einer Phasendifferenz, die von der Dicke des Mediums und von der Wellenlänge des einfallenden Lichts abhängt.

1. POLARISIERTES LICHT

Die linear polarisierte Welle wird mit Hilfe eines Polarisationsfilters erzeugt, wobei weißes Licht verwendet wird. Hier ist Wellenlänge des Lichts unwichtig.

Zur Erzeugung der elliptischen bzw. der zirkular polarisierten Welle verwenden wir monochromatisches Licht. Wie in der Einleitung erwähnt, hängt die Phasendifferenz des Lichts beim Austritt aus dem anisotropen Medium von der Wellenlänge ab. Mithilfe eines Interferenzfilters wird monochromatisches Licht erzeugt. Dadurch hat man nicht das Problem, unterschiedliche Phasendifferenzen je nach Wellenlänge zu erhalten. Da Glimmer optisch zweiachsig ist, erhält man immer zwei Strahlen, die durch ihre Phasenverschiebung zu elliptischer Polarisation führen.

Um die Experimente durchzuführen, streben wir einen Versuchsaufbau wie in Abbildung 1 an.

Dabei ist zu beachten, dass sich die Mitten aller Teile auf einer Höhe befinden und die Ebenen der Elemente senkrecht zur Strahlenachse sind.

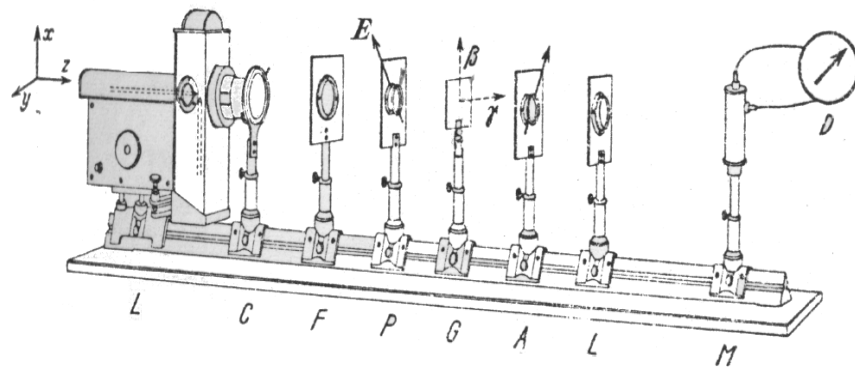
2. DIFFERENZ DER BRECHUNGSINDIZES FÜR DIE BEIDEN AUSSERORDENTLICHEN STRAHLEN

Die Phasenverschiebung, die sich auf Grund der unterschiedlichen Brechungsindizes des Mediums ergibt, kann mit untenstehender Formel berechnet werden. Das Licht durchlaufe dabei eine Strecke d .

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} d \Delta n$$

Da bei zirkularer Polarisation die Phasendifferenz $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$ beträgt, kann man die Differenz der Brechungsindizes über die Beziehung $\Delta n = \frac{\lambda}{4d}$ berechnen.

ABBILDUNG 1. Versuchsaufbau



L: Quelle	C: Kondensor	F: Farbfilter	P: Polarisator
G: Glimmer	A: Analysator	L: Linse	M: Strahlungsmesser

Bei der elliptischen Polarisation kann die Phasendifferenz mit Hilfe des Verhältnisses der Halbachsen a und b der Ellipse berechnet werden.

Es gilt folgende Beziehung: $\sqrt{\frac{L}{T}} = \frac{a}{b}$ und $\Delta\varphi = \arcsin \frac{a}{b}$. L ist die Länge und T die Tallienweite. Die Werte für L und T entnimmt man aus der Auftragung der gemessenen Daten.

Insgesamt erhalten wir folgende Beziehung für die Differenz der Brechungsindizes:

$$\Delta n = \frac{\lambda}{2\pi d} \arcsin \sqrt{\frac{L}{T}}$$

3. BEOBACHTUNG VON 'KLEBEFILMBILDERN'

Es werden die auftretenden Farben und Farbänderungen bei Drehung des Analysators von Glimmerplättchen und 'Klebefilmbildern' beobachtet. Dabei wird die doppelbrechende Eigenschaft des Tesafilms ausgenutzt. Als erstes wird mittels eines Polarisators polarisiertes Licht erzeugt. Durch den Tesafilm wird im allgemeinen Fall aus dem linear polarisierten Licht elliptisch polarisiertes Licht. Die Stärke der Polarisation hängt von der jeweiligen Wellenlänge ab. Aus diesem Grund werden abhängig von der Stellung des Analysators unterschiedliche Farben herausgefiltert und so entsteht das zu erwartende Farbenspiel.

4. SPANNUNGSDOPPELBRECHUNG AN VERSCHIEDENEN PLEXIGLASMODELLEN

Wie bei Kristallen lässt sich anisotropes Verhalten auch bei durchsichtigen isotropen Medien beobachten, wenn man diese mechanischen Belastungen (Spannung) aussetzt. Durch diese Spannung wird die Spannungsdoppelbrechung hervorgerufen. Hierbei bilden sich optische Achsen entlang der Richtungen der angelegten Belastungen aus, was eine mehrachsige Doppelbrechung zur Folge hat. Je höher dabei die Belastung in einem betrachteten Bereich ist, desto stärker ist dort auch die Doppelbrechung ausgeprägt. Bereiche mit verschiedenen Belastungsgraden weisen folglich unterschiedliche Brechzahlen für den ordentlichen und den außerordentlichen Strahl auf. Diese Tatsache macht man sich in der Materialforschung zu Nutze, um das Verhalten verschiedener Strukturen unter Belastung zu untersuchen.