

Versuchsprotokoll O5

Polarisation

29.04.2015



Alexander Schlüter, Tobias Holthaus

Gruppe 23/mi

`alx.schlueter@gmail.com`

`holthaus.tobias@gmail.com`

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Gesetz von Malus	1
1.2	Anisotropische Medien	1
1.2.1	$\lambda/2$ -Platte	2
1.3	Reflexion an Glasplatte	2
1.4	Optische Aktivität	2
2	Versuche	3
2.1	Das Gesetz von Malus	4
2.2	Die $\lambda/2$ -Platte	4
2.3	Das Reflexionsvermögen einer Glasplatte	4
2.4	Konzentrationsbestimmungen von Blutzucker	4
2.5	Kalkspat	4
3	Diskussion	5
3.1	Das Gesetz von Malus	5
3.2	Die $\lambda/2$ -Platte	5
3.3	Das Reflexionsvermögen einer Glasplatte	5
3.4	Konzentrationsbestimmungen von Blutzucker	5
3.5	Kalkspat	5

1 Einführung

Licht breitet sich als Transversalwelle aus, d.h. die Schwingungsrichtung der E- und B-Feldvektoren steht senkrecht zur Ausbreitungsrichtung. Bleibt die Schwingungsrichtung in einer zeitlich festen Ebene mit der Ausbreitungsrichtung, so heisst das Licht *linear polarisiert*. Dreht sich die Schwingungsebene mit der Zeit, so spricht man von *elliptisch* polarisiertem Licht. Bleibt dabei auch noch die Amplitude zeitlich konstant, handelt es sich sogar um eine *zirkulare* Polarisation.

1.1 Gesetz von Malus

Durch selektive Absorption in einem sog. dichroitischen Material kann die Polarisations-ebene von einfallendem linear polarisiertem Licht gedreht werden. Dieses Material hat eine ausgezeichnete Durchlassrichtung, sodass der parallel hierzu polarisierte Lichtanteil (in der Idealisierung) vollständig durchgelassen, der hierzu senkrechte Teil vollständig absorbiert wird. Dieses Material wird in einem Polarisator verwendet.

Mathematisch zerlegt man den \vec{E} -Vektor in die Anteile $\vec{E} = \vec{E}_{\parallel} + \vec{E}_{\perp}$. Ist α der Winkel zwischen \vec{E} und der Durchlassrichtung, so berechnet man \vec{E}_{\parallel} durch $\vec{E}_{\parallel} = \vec{E} \cdot \cos(\alpha)$. Also ist die Intensität hinter dem Polarisator gegeben durch

$$I = |\vec{E} \cdot \cos(\alpha)|^2 = E^2 \cdot \cos(\alpha)^2 = I_0 \cdot \cos(\alpha)^2 \quad (1.1)$$

1.2 Anisotropische Medien

In sog. anisotropen Medien ist die Antwort des Mediums auf Anregung durch einfallende elektromagnetische Wellen abhängig von der Polarisations- und Ausbreitungsrichtung der einfallenden Wellen. Bei Kristallen ist dies durch die Anordnung und Orientierung der Atome in der Kristallstruktur bedingt.

In einem doppelbrechenden Kristall ist eine optische Achse ausgezeichnet, die sich aus der Symmetrie ergibt. Fällt Licht parallel zur optischen Achse ein, so ist der Brechungsindex unabhängig von der Polarisation des Lichtes. Fällt das Licht jedoch mit einem Winkel $\varphi \neq 0$ zur optischen Achse ein, führt die Anisotropie zu einer Aufspaltung des Strahles in einen ordentlichen und einen außerordentlichen Strahl. Diese sind senkrecht zueinander polarisiert und breiten sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten (Brechungsindizes n_1 bzw. n_2) im Kristall aus, sodass beim Austritt ein Phasenunterschied besteht. Die

optische Weglängendifferenz zwischen den Strahlen beträgt $d(n_2 - n_1)$ für ein Plättchen mit Dicke d .

1.2.1 $\lambda/2$ -Platte

Bei einem $\lambda/2$ -Plättchen gilt $d(n_2 - n_1) = \lambda/2$, wobei λ die Frequenz des einfallenden Lichtes ist. Sei φ der Winkel des einfallenden E-Vektors zur opt. Achse, dann besteht bei Austritt der Welle ein Phasenunterschied von π zwischen den Teilstrahlen, sodass der E-Feldvektor nach erneuter Überlagerung um $\Delta\varphi = 2\varphi$ zur ursprünglichen Richtung gedreht ist.

1.3 Reflexion an Glasplatte

Bei Auftreffen einer elektromagnetischen Welle auf eine Grenzfläche wird durch die Flächennormale am Auftreffpunkt und Wellenvektor die *Einfallsebene* festgelegt. Senkrecht dazu polarisiertes Licht heisst *s-polarisiert*, paralleles Licht *p-polarisiert*. Der Reflexionskoeffizient R beschreibt den Verhältnis des reflektierten Lichtes zum einfallenden Licht und hängt vom Einfallswinkel und der Polarisation des einfallenden Lichtes ab. Bei dem *Brewsterwinkel* α_B steht der reflektierte Strahl senkrecht auf dem transmittierten und der p-polarisierte Anteil wird gar nicht reflektiert. Dieser Winkel errechnet sich für eine Glasplatte mit Brechungsindex n durch:

$$\tan(\alpha_B) = n \quad (1.2)$$

1.4 Optische Aktivität

In bestimmten Stoffen dreht sich die Polarisationssebene des einfallenden Lichtes um einen Winkel α , der proportional zur Dicke d der durchlaufenen Schicht ist. In Flüssigkeiten wie Zuckerlösung liegt dies begründet in der Chiralität der Moleküle, d.h. die Moleküle haben einen ausgezeichneten Drehsinn und reagieren auf Anregung durch linkshändig zirkular polarisiertes Licht anders als auf rechtshändig zirkular polarisiertes.

Durchläuft ein Lichtstrahl eine Zuckerlösung der Konzentration c und Länge l , so dreht sich die Polarisationssebene um

$$\alpha = \alpha_s \cdot c \cdot l \quad , \quad (1.3)$$

wobei die Proportionalitätskonstante α_s *spezifisches optisches Drehvermögen* genannt wird.

2.5 Kalkspat

Ein Kalkspatkristall wurde in den Strahlengang vor einen Analysator gestellt. Bei Drehen der Durchlassrichtung des Analysators wurde beobachtet, dass zwei Lichtpunkte auf der Wand hinter dem Kalkspat abwechselnd hell / dunkel wurden. Der erste Punkt hatte für einen Analysatorwinkel von $(115 \pm 5)^\circ$ ein Intensitätsmaximum, der zweite bei $(20 \pm 10)^\circ$.

3.5 Kalkspat

Wie erwartet wurde die Aufspaltung des einfallenden Lichtes durch Doppelbrechung in einen ordentlichen und einen außerordentlichen Strahl beobachtet. Die Winkeldifferenz zwischen den Polarisationsrichtungen der beiden Strahlen beträgt ungefähr 90° . D.h. die beiden Strahlen waren im Rahmen des Fehlers senkrecht zueinander polarisiert, was mit der Erwartung aus der Einführung konsistent ist.