

Versuch O08: Polarisation des Lichtes

5. März 2014

I Lernziele

- Wellenoptik
- Longitudinal- und Transversalwellen
- Elektromagnetische Wellen

II Physikalische Grundlagen

Nachweismethode

Elektromagnetische Wellen im freien Raum sind transversale Wellen. Die elektrische Feldstärke (elektrischer Vektor) schwingt senkrecht zur Ausbreitungsrichtung und definiert die Polarisationsrichtung. Die Polarisationsebene ist durch die Polarisations- und Ausbreitungsrichtung festgelegt. Natürliches Licht ist unpolarisiert, d. h. der elektrische Vektor schwingt, statistisch schwankend, in alle Richtungen. Schickt man natürliches Licht durch einen Polarisator, so wird nur der Anteil hindurchgelassen, der in der durch den Polarisator vorgegebenen Vorzugsrichtung schwingt. Das hindurchtretende Licht ist jetzt polarisiert (linear polarisiert). Der Polarisationszustand von Licht kann wiederum mit einem Polarisator nachgewiesen werden, der jetzt Analysator genannt wird. Das zu untersuchende Licht fällt auf den Analysator, und man beobachtet die Intensität des Lichtes, während man den Analysator langsam dreht. Bleibt die Intensität während des Drehens konstant, ist das auffallende Licht unpolarisiert, variiert die Intensität zwischen einem Maximal- und einem Minimalwert, so ist das Licht teilweise polarisiert. Kann man eine Analysatorstellung finden, die völlige Dunkelheit erzeugt, so ist das Licht vollständig linear polarisiert. Die beiden Polarisatoren stehen für diesen Fall "gekreuzt" zueinander.

Brewsterwinkel

Wenn unpolarisiertes Licht an der Grenzfläche zweier durchsichtiger Medien reflektiert wird, dann sind der reflektierte und der gebrochene Lichtstrahl teilweise polarisiert. Der Grad der Polarisation hängt von dem Einfallswinkel

und den Brechzahlen der Medien ab. Vollständige Polarisierung wird erreicht, wenn der gebrochene und der reflektierte Strahl einen Winkel von 90° bilden (Brewstersches Gesetz). Der zugehörige Einfallswinkel wird Brewsterwinkel Θ_p genannt. Es gilt:

$$\tan \Theta_p = n \quad (1)$$

Dabei ist n der Brechungsindex.

Drehvermögen und Rotationsdispersion

Eine Reihe von Substanzen (z. B. der kristalline Quarz oder bestimmte organische Lösungen) drehen die Polarisierungsebene des auffallenden Lichtes. Der Drehwinkel α ist der Dicke der Schicht proportional:

$$\alpha = \gamma d \quad (2)$$

Die Proportionalitätskonstante γ heißt Drehung oder Drehvermögen und wird in Grad/mm gemessen. Das Drehvermögen kann positiv oder negativ sein, entsprechend einer Rechts-, bzw. Linksdrehung der Polarisierungsebene. Weiter hängt γ von der Wellenlänge des verwendeten Lichtes ab: $\gamma = f(\lambda)$. Mit "Rotations-Dispersion" bezeichnet man die Änderung des Drehvermögens mit der Wellenlänge:

$$R = \frac{\gamma(\lambda_1) - \gamma(\lambda_2)}{\lambda_1 - \lambda_2} \quad (3)$$

Organische Verbindungen mit einem asymmetrischen C-Atom zeigen in der Regel eine Drehung der Polarisierungsebene, wenn sie gelöst sind. Ist c die Konzentration der Lösung (Masse der gelösten Substanz in kg pro dm^3 der Lösung), so ist es üblich, den Drehwinkel wie folgt auszudrücken:

$$\alpha = \gamma_c c d \quad (4)$$

γ_c : spezifisches Drehvermögen ($\text{Grad dm}^2 \text{ kg}^{-1}$)

III Versuchsaufbau

Bestimmung des Brewsterwinkels

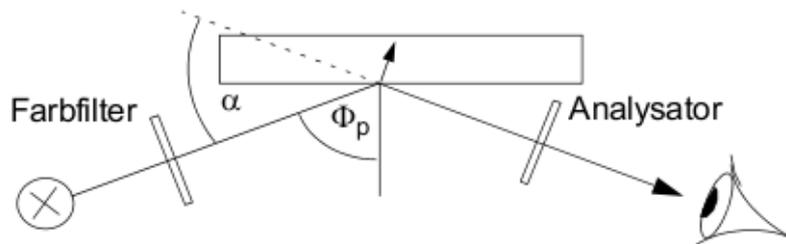


Abbildung 1: Messung des Brewsterwinkels

Es ist zu zeigen, dass eine reflektierende Glasoberfläche bei einem geeigneten Einfallswinkel als Polarisator wirkt (s. Abb. 1).

Messung des Drehvermögens

Die Versuchsanordnung zur Messung des Drehvermögens zeigt Abbildung 2.

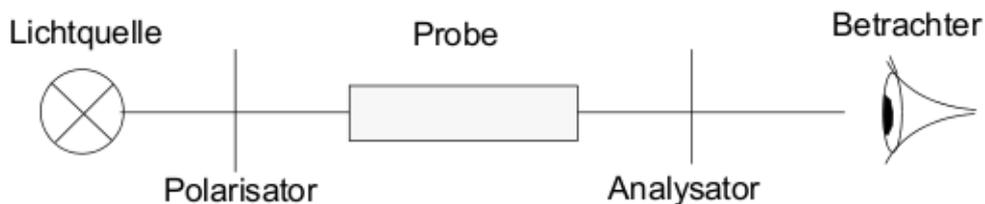


Abbildung 2: Messung des Drehvermögens

Es stehen verschiedene Küvetten mit den zu messenden Lösungen zur Verfügung, die in den Probehälter einzusetzen sind. Zur Messung des Drehvermögens eines Probekörpers bringe man Analysator und Polarisator (ohne Probe) in eine gekreuzte Position. Nach Einbringen der Probe ergibt sich der Drehwinkel durch Aufsuchen der Position des Analysators, bei der wieder völlige Dunkelheit herrscht. Wie bei jedem optischen Versuch ist eine sorgfältige Justierung aller Geräte die Voraussetzung für eine korrekte Messung.

Aufnahme und Auswertung von Messdaten

Messung 1: Bestimmung des Brewsterwinkels

Zur Messung des Brewsterwinkels Θ_p sind der Winkel α (siehe Abb. 1) und die Analysatorstellung solange zu variieren, bis das Minimum in der Helligkeit erreicht ist.

Bestimmen Sie auf die beschriebene Weise den Winkel α mit Angabe der Fehlergrenzen.

Auswertung

Berechnen Sie aus dem gemessenen Wert den Brewster-Winkel Θ_p sowie den Brechungsindex der Glasplatte, jeweils mit Angabe der Fehlergrenzen. Wie muß - aus theoretischen Überlegungen heraus - der gebrochene Strahl polarisiert sein im Vergleich zum reflektierten Strahl?

Messung 2: Messung des Drehwinkels von Zuckerlösung

Es ist der Drehwinkel α von drei Zuckerlösungen verschiedener Konzentration bei monochromatischer Beleuchtung zu bestimmen.

Auswertung

Tragen Sie für die Lösungen mit bekannter Konzentration den Drehwinkel α über c auf und bestimmen Sie aus der Graphik die unbekannte Konzentration der dritten Lösung. Geben Sie durch Fehlerbalken die erreichte Meßgenauigkeit an.

Messung 3: Spezifisches Drehvermögens von Zuckerlösung

Es ist das spezifische Drehvermögen einer Zuckerlösung für die Wellenlängen 720 nm und 520 nm (bzw. entsprechend den Filterangaben) zu bestimmen und die Rotationsdispersion R zu berechnen.

Messung 4: Konzentrationsbestimmung einer optisch aktiven Substanz

Wiederholen Sie die obenstehende Aufgabe mit Hilfe eines technischen Polarisationsapparates (siehe Anmerkung). Es ist wieder die unbekannte Konzentration einer optisch aktiven (die Polarisationsebene drehenden) Substanz zu messen entsprechend der vorherigen Aufgabe (Messung des Drehwinkels).

Auswertung

Vergleichen und kommentieren Sie Ihre Ergebnisse mit der direkt ablesbaren Konzentration.

Anmerkung

Der Polarisationsapparat arbeitet nach dem Halbschattenverfahren (siehe Abb. 3), das eine sehr viel genauere Einstellung des Drehwinkels ermöglicht. Der Polarisator dieses Gerätes ist geteilt, so dass die linke und rechte Hälfte des Gesichtsfeldes in etwas verschiedenen Richtungen polarisiert sind. Mit dem Analysator stellt man auf gleiche Helligkeit beider Gesichtsfelder ein.

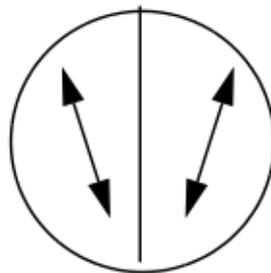


Abbildung 3: Polarisationsrichtungen im Halbschattenpolarimeter