

PS5

Polarisation

Version vom 13. März 2013

Inhaltsverzeichnis

1	Brewster Winkel	1
1.1	Grundlagen	1
1.1.1	Begriffe	1
1.1.2	Polarisation	1
1.1.3	Brewster Gesetz	1
1.2	Aufgaben	3
1.3	Versuchsaufbau und Durchführung	3
2	Spannungsoptik	5
2.1	Grundlagen	5
2.1.1	Begriffe	5
2.1.2	Theorie der Spannungsoptik	5
2.2	Aufgaben	9
2.3	Versuchsaufbau und Durchführung	9
2.4	Hinweise für das Protokoll	9
3	Drehung der Polarisationssebene (Optische Aktivität)	10
3.1	Grundlagen	10
3.1.1	Begriffe	10
3.1.2	Rotationsdispersion	10
3.2	Aufgaben	10
3.3	Versuchsaufbau und Durchführung	11

1 Brewster Winkel

1.1 Grundlagen

1.1.1 Begriffe

Polarisation elektromagnetischer Wellen, Dichroismus, Reflexion, Brewster Winkel, Brechzahl (Brechungsindex)

1.1.2 Polarisation

Elektromagnetische Wellen (und somit Licht) sind transversal, d.h. der elektrische und der magnetische Feldvektor stehen immer senkrecht zur Ausbreitungsrichtung. Sie sind daher polarisierbar. Zeigt der Feldvektor immer nur in eine Richtung (Polarisationsebene, Schwingungsebene) ist lineare Polarisation gegeben. Schwingt die elektrische Feldstärke in einem Punkt so, dass die Spitze des Feldvektors auf einer Ellipse bzw. einem Kreis (Spezialfall der Ellipse) umläuft, so ist das Licht elliptisch bzw. zirkular polarisiert. Jede elliptisch polarisierte Welle kann man in zwei zueinander senkrecht schwingende linear polarisierten Wellen, die eine Phasendifferenz aufweisen, zerlegen. Ebenso lässt sich linear polarisiertes Licht in zwei gegenläufig zirkular polarisierte Wellen mit halber Amplitude zerlegen.

Sehen Sie sich dazu das Applet „Polarisation“ auf der eLearning Seite von PS5 an.

Zur Erzeugung und zum Nachweis von linear polarisiertem Licht nützt man insbesondere folgende physikalische Eigenschaften von Stoffen aus: Doppelbrechung, Dichroismus und Reflexion/Brechung.

1.1.3 Brewster Gesetz

Fällt linear polarisiertes Licht, dessen Polarisationsebene parallel zur Einfallsebene (= gebildet aus der Einfallrichtung des Lichtstrahls und dem Normalvektor der Fläche) liegt, auf eine Glasplatte, so gibt es einen Einfallswinkel (Brewster Winkel α_B) für den kein Licht reflektiert wird. In diesem Fall würde die Richtung des reflektierten Strahles senkrecht auf die Richtung des gebrochenen Strahles stehen. Die Erklärung liegt darin, dass die Moleküle im dichteren Medium (Glas) parallel zum elektrischen Feld des gebrochenen

Strahles oszillieren. Entlang der Oszillationsrichtung kann aber keine Energie abgestrahlt (d.h. hier reflektiert) werden.

Sehen Sie sich dazu das Applet „Reflexion und Brechung von Licht“ auf der eLearning Seite von PS5

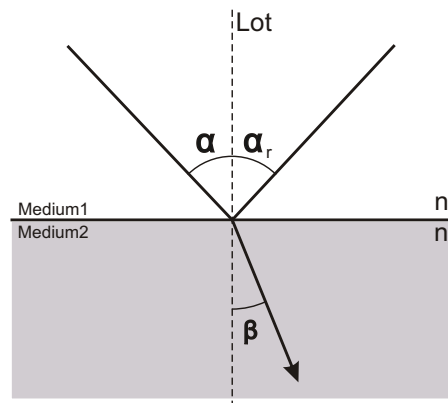


Abbildung 1: Reflexion und Brechung

Nach dem Brechungsgesetz (Einfallswinkel α und Brechungswinkel β in Abb. 1) gilt

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta, \quad (1)$$

worin n_1 und n_2 die Brechungsindizes (Brezahlen) der beiden Medien sind. Da der Einfallswinkel gleich dem Ausfallswinkel ist (Reflexionsgesetz) und im gegebenen Fall ($\alpha = \alpha_B$) reflektierter und gebrochener Strahl aufeinander senkrecht stehen sollen ($\alpha_B + \beta = 90^\circ$), gilt

$$n_1 \sin \alpha_B = n_2 \cos \alpha_B \quad (2)$$

Daraus folgt das Brewster Gesetz:

$$\tan \alpha_B = \frac{n_2}{n_1} \quad (3)$$

Für linear polarisiertes Licht verschwindet das Reflexionsvermögen, wenn das Licht parallel zur Einfallsebene polarisiert ist und der Einfallswinkel gerade α_B beträgt (siehe Abb. 2). Im allgemeinen (z.B. wenn das einfallende Licht unpolarisiert ist) gilt, dass für den Brewster Winkel das an der Platte reflektierte Licht vollständig polarisiert ist, und zwar in der Richtung, die auf die Einfallsebene senkrecht steht. Dieser Effekt kann benutzt werden, um aus unpolarisiertem Licht linear polarisiertes zu erzeugen.

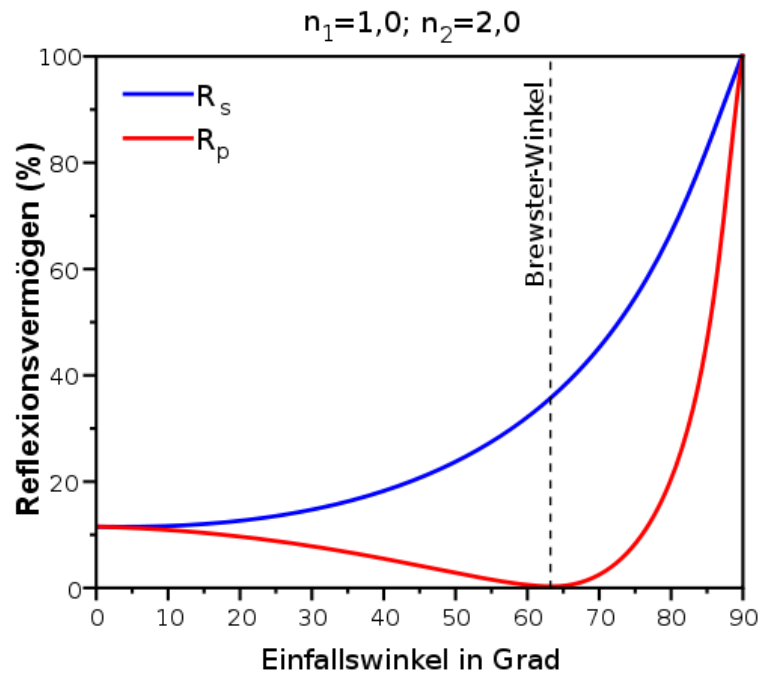


Abbildung 2: Reflexionsvermögen für linear polarisiertes Licht (R_s ... senkrecht zur Einfallsebene polarisiertes Licht, R_p ... parallel zur Einfallsebene polarisiertes Licht), berechnet für den Fall $n_1 = 1$ (Vakuum) und $n_2 = 2$.

1.2 Aufgaben

1. Demonstrieren Sie die Polarisierbarkeit des Lichtes durch Reflexion, indem Sie die an einer planparallelen Platte reflektierte Lichtintensität messen. Führen Sie diese Messung sowohl für parallele als auch für senkrechte Polarisation durch. Bestimmen Sie den Brewster Winkel und berechnen Sie den Brechungsindex der Platte.

1.3 Versuchsaufbau und Durchführung

Lassen Sie linear polarisiertes Licht, dessen Polarisationssebene entweder parallel oder senkrecht zur Einfallsebene liegt, auf eine planparallele Platte fallen (Abb. 3). Als Polarisator dient ein Glan-Thompson-Prisma. Bestimmen Sie die Strahlungsflußdichte („Intensität“) des reflektierten Lichtes mit Hilfe eines Photowiderstandes und eines Mikroamperemeters. Bei gegebener Spannung ist die gemessene elektrische Stromstärke I proportional zur Intensität des Lichtes.

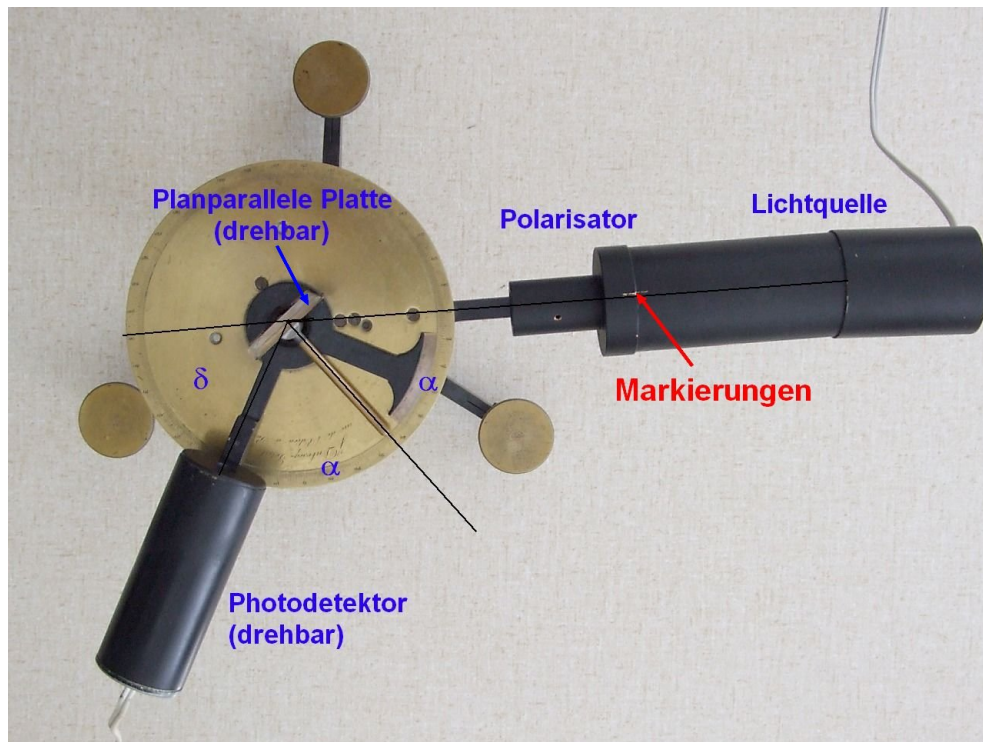


Abbildung 3: Anordnung zur Messung des Brewster Winkels

Bestimmen Sie zuerst den Nullpunkt der Winkelablesung. Schalten Sie das Amperemeter zunächst in den 3-mA-Bereich, nehmen Sie die Platte aus dem Strahlengang und beleuchten Sie den Photowiderstand direkt. Bei maximalem Ausschlag lässt sich der Nullpunkt der Winkelmessung ablesen.

Beginnen Sie mit der senkrechten Polarisation. Diese stellen Sie ein, indem Sie den Polarisator VORSICHTIG so drehen, dass die Strichmarkierung mit der seitlichen Markierung am Gehäuse der Lichtquelle zur Deckung kommt. Drehen Sie dann den Photodetektor um einen Winkel δ und stellen Sie die Platte so in den Strahlengang, dass der reflektierte Strahl zum Detektor gelangt. Aus dem gemessenen δ ergibt sich der Einfallswinkel α mit einer einfachen geometrischen Überlegung (siehe Abb. 3). Messen Sie dann für verschiedene Einfallswinkel zwischen 35° und 65° den Photostrom (ACHTUNG: Höhere Empfindlichkeit wählen). Schritte von 5° sind für diese Polarisation ausreichend (vgl. dazu Abb. 2).

Dann drehen Sie den Polarisator in die parallele Orientierung (obere Markierung auf dem Lampengehäuse) und führen die Messung im gleichen Winkelbereich durch. Zur groben Bestimmung des Reflexionsminimums genügen vorerst wieder Schritte zu 5° , es wird allerdings zweckmäßig sein, nahe des Minimums noch einige Zwischenwerte zu messen.

Tragen Sie in zwei Diagrammen I als Funktion des Einfallswinkels auf. Aus der Kurve für die parallele Polarisation bestimmen Sie den Brewster-Winkel und seinen Fehler (Bestimmung „nach Augenmaß“ genügt!). Geben sie den Brewster-Winkel, den zugehörigen Brechungswinkel und den Brechungsindex der Platte inklusive Fehler an.

2 Spannungsoptik

2.1 Grundlagen

2.1.1 Begriffe

Doppelbrechung, Isoklinen, Isochromaten

2.1.2 Theorie der Spannungsoptik

Doppelbrechung tritt in optisch anisotropen Medien auf, d.h. in Medien mit richtungsabhängigen Eigenschaften. In anisotropen Kristallen legt die kristallographische Hauptachse eine optische Vorzugsrichtung fest, die man *optische Achse* nennt. Einen Kristall, der nur eine solche Vorzugsrichtung besitzt, nennt man *optisch einachsig* (uni-axial). Grundsätzlich können sich im Inneren eines optisch einachsigen Kristalls nur linear polarisierte Wellen fortpflanzen, nämlich der *ordentliche Strahl* senkrecht zum *Hauptschnitt*¹ und der *außerordentliche Strahl* parallel zum Hauptschnitt. Natürliches, einfallendes Licht wird deshalb in zwei Komponenten aufgespalten. Die beiden Strahlen haben verschiedene Fortpflanzungsgeschwindigkeiten, d.h. ihnen entsprechen verschiedene Brechungsindizes.

Elastische Körper werden bei Kompression (oder Dehnung) optisch einachsig, wobei die Richtung der Kompression aus Symmetriegründen zur optischen Achse wird. Dies wird z.B. in der optischen Spannungsprüfung ausgenützt, wobei ein durch mechanische Belastung inhomogen verspannter oder ein schlecht gekühlter optischer Bauteil typische Spannungsfiguren (bestehend aus *Isochromaten* und *Isoklinen*) bei Betrachtung durch gekreuzten Polarisator und Analysator zeigt.

Der allgemeine Fall einer Verformung, die ein Material optisch anisotrop macht, ist in Abb. 4 gezeigt. Die Probe ruht auf zwei Schneiden und wird von oben mit nur einer Schneide nach unten gepresst. Die Spannung innerhalb der Probe ist dann anisotrop und lässt sich mittels zweier Hauptspannungsachsen beschreiben, welche beide zu optischen Achsen des Systems werden. Ein solches Material wird *optisch zweiachsig* (bi-axial) genannt.

¹ Ebene gebildet durch optische Achse und Ausbreitungsrichtung.

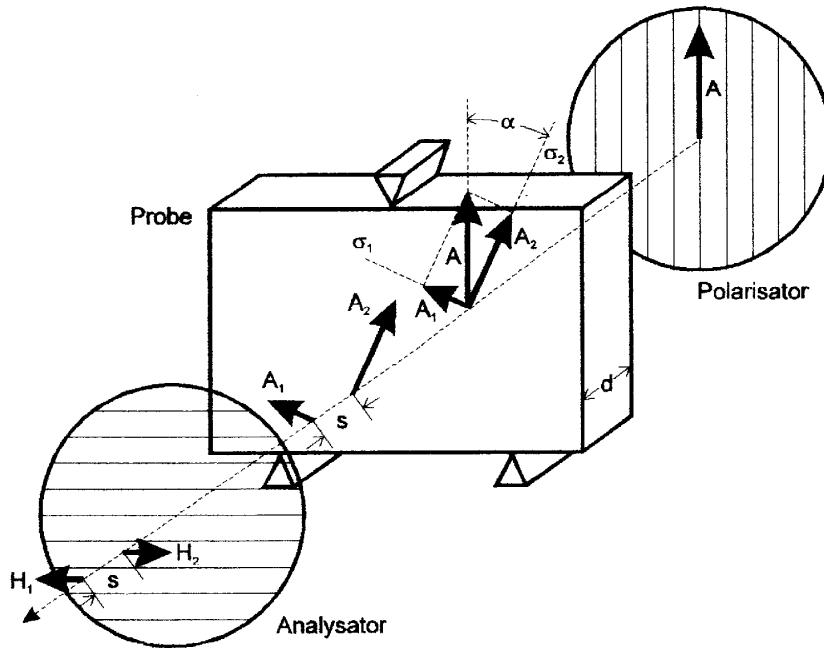


Abbildung 4: Spannungsdoppelbrechung

Zum tieferen Verständnis verfolge man den Weg eines monochromatischen Lichtstrahls durch eine einfache spannungs-optische Anordnung (Abb. 4). Der Polarisator lässt nur in der Vertikalen schwingendes Licht durch. Den von ihm kommenden Lichtstrahl stellen wir daher durch einen vertikal stehenden Vektor A dar, dessen Größe mit der Zeit t nach einem Sinusgesetz veränderlich zu denken ist: $A = A_0 \sin \omega t$, wobei A_0 seine Amplitude und ω die Kreisfrequenz der monochromatischen Lichtschwingung ist.

An jeder Stelle der Probe, also auch dort, wo der Lichtstrahl hindurchgeht, herrsche ein ebener Spannungszustand, der durch Größe und Richtung der beiden (aufeinander senkrecht stehenden) Hauptspannungen σ_1 , und σ_2 , definiert ist. Die Neigung der Hauptrichtungen gegen Horizontale und Vertikale sei α .

Für die Veränderung des Lichtes in der belasteten Probe gilt nun das Maxwell-Wertheimsche Gesetz. Der Lichtvektor A wird in Komponenten nach den beiden Hauptrichtungen zerlegt, und für die Fortpflanzung dieser Komponenten A_1 und A_2 in der Probe gelten verschiedene Brechungsindizes n_1 und n_2 ; deren Abweichung gegenüber dem Brechungsindex n_0 der unverspannten Probe ist den Hauptspannungen σ_1 und σ_2 proportional:

$$n_1 = n_0 + C_1 \sigma_1 + C_2 \sigma_2 \quad n_2 = n_0 + C_1 \sigma_2 + C_2 \sigma_1 \quad (4)$$

C_1 und C_2 sind Materialkonstanten. Es tritt also eine Doppelbrechung – die sogenannte Spannungsdoppelbrechung – auf.

Die Geschwindigkeiten v_1 und v_2 der beiden Lichtkomponenten sind:

$$v_1 = \frac{c}{n_1} \quad v_2 = \frac{c}{n_2} \quad (5)$$

wobei c die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum bedeutet. Der Unterschied der Laufzeiten t_1 und t_2 der beiden Wellen in der Probe mit der Dicke d berechnet sich zu:

$$t_1 - t_2 = \frac{d}{v_1} - \frac{d}{v_2} = \frac{d}{c}(n_1 - n_2) \quad (6)$$

und daraus, indem man mit der Lichtgeschwindigkeit v_L in der Luft multipliziert der Gangunterschied s , den die beiden Wellen nach Verlassen der Probe gegeneinander haben, zu

$$s = d(n_1 - n_2) \frac{v_L}{c} \quad (7)$$

Indem wir s durch die Wellenlänge λ_L in Luft dividieren, erhalten wir die sogenannte relative Phasenverschiebung δ , d.h. den Gangunterschied in Vielfachen der Wellenlänge:

$$\delta = \frac{s}{\lambda_L} = \frac{d}{\lambda}(n_1 - n_2) \quad (8)$$

wobei λ die Wellenlänge im Vakuum ist (Man beachte: $\frac{v_L}{c} = \frac{\lambda_L}{\lambda}$).

Aus den Gleichungen 4 lässt sich die sogenannte „Doppelbrechung“ $n_1 - n_2$ als Funktion der Spannungen angeben:

$$n_1 - n_2 = (C_1 - C_2)(\sigma_1 - \sigma_2) = C(\sigma_1 - \sigma_2) \quad (9)$$

(wobei $C_1 - C_2$ zu einer einzigen Konstanten C zusammengefasst wurde), womit wir schließlich für die relative Phasenverschiebung folgendes erhalten:

$$\delta = \frac{C}{\lambda}(\sigma_1 - \sigma_2)d \quad (10)$$

Diese Beziehung heißt *Hauptgleichung* der Spannungsoptik.

Unsere beiden linear polarisierten Wellen A_1 und A_2 passieren bei ihrem Weitergang schließlich den Analysator. Dieser steht gekreuzt zum Polarisator und lässt daher nur die horizontalen Komponenten H_1 und H_2 durch. Für die endgültige Lichtwirkung ist nun die aus den beiden Wellen H_1 und H_2 resultierende Welle maßgebend. An Hand des Parallelogramms, das die Zerlegung von A nach A_1 und A_2 veranschaulicht, stellt man zunächst leicht fest, dass die Amplituden von H_1 und H_2 gleich sind. Die resultierende Welle ist daher Null, wenn H_1 und H_2 in Gegenphase sind. Ob vom Analysator Licht durchgelassen wird oder nicht, hängt also von der Phasenverschiebung δ und damit zufolge der Hauptgleichung von $(\sigma_1 - \sigma_2)$ ab. Ist am betrachteten Punkt der Probe $\sigma_1 - \sigma_2 = 0$, so ist auch $\delta = 0$. H_1 und H_2 sind in Gegenphase und heben sich auf: wir haben Dunkelheit an dieser Stelle. Denken wir uns nun $\sigma_1 - \sigma_2$ anwachsend, bis $\delta = 1/2$ ist, so beträgt die Phasenverschiebung jetzt eine halbe Wellenlänge; die beiden Schwingungen addieren sich, und wir haben ein Helligkeitsmaximum. Bei weiterem Anwachsen von δ nimmt die Helligkeit wieder ab, bis bei $\delta = 1$ die beiden Wellen wieder in Gegenphase sind und sich gegenseitig auslöschen. Dieser Vorgang wiederholt sich bei weiterer Steigerung von $\sigma_1 - \sigma_2$ in gleicher Weise, so dass bei ganzzahligem δ immer vollkommene Verdunkelung und dazwischen Aufhellung eintritt. Da diese Abhängigkeit der Helligkeit von $\sigma_1 - \sigma_2$ in gleicher Weise für

alle Punkte der Probe gilt, erscheinen alle Punkte, wo δ die gleiche ganze Zahl ist, durch dunkle Linien verbunden, die man *Isochromaten* nennt, und zwar spricht man, je nachdem ob $\delta = 0, 1, 2, \dots$ ist, von der Isochromate 0., 1., 2. Ordnung usw. Die Isochromaten sind, wie aus der Hauptgleichung folgt, experimentell gefundene Linien gleicher Hauptspannungsdifferenz $\sigma_1 - \sigma_2$. Die Größe der Hauptspannungsdifferenz ist der Ordnungszahl proportional.

In dem Experiment, das Sie durchführen werden, wird die Probe nicht anisotrop, wie in Abb. 4, sondern mit einem *gleichmäßigen* Druck in Richtung der Längsachse des Probenkörpers belastet. Die Längsachse wird dadurch zur (einen) optischen Achse des Systems (uni-axiales Material) und Licht, das senkrecht zur Längsachse einfällt, wird in einen ordentlichen und einen außerordentlichen Strahl aufgespalten, welche senkrecht zueinander polarisiert sind. Die Hauptgleichung kann auf diesen Fall angewendet werden, indem $\sigma_2 = 0$ gesetzt wird.

Außer den Isochromaten treten im linear polarisierten Licht auf der belasteten Probe noch andere dunkle Linien auf. Fällt nämlich eine der beiden Hauptspannungsrichtungen mit der Polarisationsrichtung zusammen ($\alpha = 0^\circ$ oder 90°), so wird, wenn wir den Lichtvektor A wieder nach den Hauptrichtungen zerlegen, die eine Komponente Null. Folglich geht dann der Lichtstrahl ohne Geschwindigkeitsaufspaltung durch die Probe und wird vom Analysator vollständig absorbiert. Daher erscheinen alle Punkte der Probe, in denen die Hauptspannungen die gleiche Richtung, und zwar die Polarisationsrichtung besitzen, durch dunkle Linien verbunden, die man als *Isoklinen* oder Richtungsgleichen bezeichnet.

Besteht unser vorher betrachteter linear polarisierter Lichtstrahl nicht aus monochromatischem, sondern aus weißem Licht, so tritt die vorher geschilderte Wirkung für jede Lichtschwingung entsprechend ihrer Wellenlänge ein, und man beobachtet eine Überlagerung aller dieser Erscheinungen. Da in der Hauptgleichung die Wellenlänge λ im Nenner auftritt, folgt für die Isochromaten, dass mit steigendem $\sigma_1 - \sigma_2$ die ganzzahligen Phasenverschiebungen δ für die kürzeren Wellenlängen früher erreicht werden als für die längeren. Infolgedessen wird immer nur derjenige Lichtanteil ganz ausgelöscht, für dessen Wellenlänge λ gerade ganzzahlig ist. Die Isochromaten erscheinen daher nicht dunkel, sondern in der Komplementärfarbe der ausgelöschten Wellenlänge und sind somit Linien gleicher Farbe, was auch ihr Name besagt. Nur die Isochromate nullter Ordnung erscheint dunkel.

Die Isoklinen erscheinen dagegen auch im weißen Licht immer dunkel, da hier das Gesetz der Auslöschung unabhängig von der Wellenlänge ist.

In der Literatur wird meist nicht die Konstante C , sondern ihr auf die Wellenlänge bezogener Kehrwert S als *spannungsoptische Konstante* bezeichnet: $S = \lambda/C$. Die übliche Einheit ist N/mm.

2.2 Aufgaben

Messen Sie die Spannungsoptische Konstante und demonstrieren Sie so die Doppelbrechung.

2.3 Versuchsaufbau und Durchführung

Führen Sie zum ersten Verständnis mit einer der am Platz liegenden Proben einen qualitativen Versuch durch. Führen Sie dazu mit der Pressvorrichtung einen Druckversuch (es kann in guter Näherung angenommen werden, dass der Pressdruck nur entlang der Probenachse wirksam wird, daher gilt $\sigma_1 = \text{Pressdruck}$ und $\sigma_2 = 0$) durch. Der Probekörper soll so in die Presse eingelegt werden, dass ein möglichst großer Druck erzeugt werden kann. Überlegen Sie, in welcher Stellung Polarisator und Analysator (in Bezug auf die Spannungsrichtung) günstiger Weise stehen soll, damit keine Isoklinen entstehen und überzeugen Sie sich von der Richtigkeit Ihrer Annahme mit Hilfe einer weißen Lichtquelle (Glühlampe). Stellen Sie dabei auch fest, wie die Spannungsverteilung in der Probe unter Last aussieht (durch die Herstellung und vorhergehende Benutzung gibt es erhebliche Restspannungen und infolge Unebenheiten der Pressflächen können Belastungsinhomogenitäten auftreten).

Bestimmen Sie im Anschluss daran die Konstanten C und S . Wählen sie hierzu eine Ihnen geeignet erscheinende Stelle auf der Probe. Ermitteln Sie mit Hilfe einer monochromatischen Lichtquelle (Wellenlänge ist beim Arbeitsplatz zu finden) für die Isochromate 0., 1., 2., usw. Ordnung jeweils die angelegte Spannung, indem Sie laufend den Druck erhöhen. Achtung: die rote Marke am Manometer nicht überschreiten (andernfalls ertönt ein eher unangenehmes Warnsignal). Beachten Sie dabei, dass das Manometer der Pressvorrichtung den von Ihnen erzeugten *Druck* anzeigt. Da die Abmessungen der Kolbenfläche am Gerät angegeben sind, können Sie die, auf die Probe aufgebrachte *Kraft* berechnen, welche gleich der Kraft auf den Kolben ist. Daraus ergibt sich der Druck σ_1 auf die Probe. Bestimmen Sie die Konstante C dann aus der Hauptgleichung.

2.4 Hinweise für das Protokoll

Geben Sie C und S (S in der Einheit N/mm) für alle im Experiment beobachtbaren Isochromaten an. Bilden Sie für das Endergebnis den Mittelwert von S und schätzen Sie die Unsicherheit von S aus der Streuung der einzelnen S -Werte um diesen Mittelwert.

3 Drehung der Polarisationssebene (Optische Aktivität)

3.1 Grundlagen

3.1.1 Begriffe

Polarisation elektromagnetischer Wellen, Rotationsdispersion, optische Aktivität, Faraday Effekt in der Optik

3.1.2 Rotationsdispersion

Quarz und Rohrzuckerlösung haben die Eigenschaft, die Schwingungsebene von linear polarisiertem Licht zu drehen. Diese Drehung kann im Uhrzeigersinn (Blickrichtung gegen das einfallende Licht) - rechtsdrehend, oder gegen den Uhrzeigersinn - linksdrehend, erfolgen. Die Drehung der Polarisationssebene ist abhängig von der Wellenlänge des Lichtes.

Im uni-axialen Quarz tritt Rotationsdispersion auf, wenn ordentlicher und außerordentlicher Strahl sich in gleicher Richtung durch den Kristall bewegen. Wegen der unterschiedlichen Brechzahlen und somit Ausbreitungsgeschwindigkeiten haben die beiden Strahlen nach Durchlaufen der Probe eine *Phasendifferenz*, die zu einer Drehung der Polarisationssebene führt.

Die Drehung der Polarisationssebene in der Zuckerlösung lässt sich beschreiben als Aufspaltung einer linear polarisierten eintretenden Welle in zwei entgegengesetzt zirkular polarisierte Wellen mit gleicher Frequenz und halber Amplitude, aber verschiedener Phasengeschwindigkeit. Da sich also eine zirkular polarisierte Welle schneller fortbewegt als die andere, wird nach dem Austritt die Ebene der resultierenden linear polarisierten Welle gedreht sein (So schraubt sich bildlich die linear polarisierte Welle auf einer Schraubenfläche durch die drehende Substanz hindurch). Manche Substanzen können unter dem Einfluss eines parallel zur Strahlrichtung orientierten Magnetfeldes optische Aktivität aufweisen.

3.2 Aufgaben

- Bestimmen Sie zur Demonstration der optischen Aktivität den Drehsinn von Quarzstücken.
- Bestimmen Sie aus der Drehung der Polarisationssebene von Licht in einer Zuckerlösung die spezifische Drehung von Zucker.

3.3 Versuchsaufbau und Durchführung

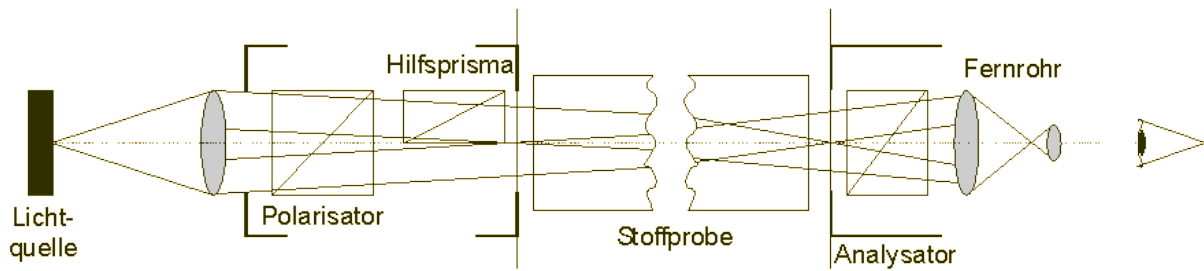


Abbildung 5: Polarimeter

Die Messung des Drehsinnes von Quarzplatten wird mit dem *Halbschattenpolarimeter von Lippich* (Abb. 5) durchgeführt. Dieses besteht grundsätzlich aus drei hintereinander angeordneten Nicolschen Prismen: dem feststehenden Polarisator, dem mit einem Teilkreis versehenen und um die Polarisationsachse drehbaren Analysator und einem Hilfsprisma. Letzteres befindet sich zwischen dem Polarisator und dem Analysator. Die „Schwingungsebene“ des Hilfsprismas ist um einen kleinen Winkel gegen jene des Polarisators gedreht, so dass nach dem Analysator die beiden Gesichtsfeldhälften von linear polarisiertem Licht unterschiedlicher Schwingungsebene ausgeleuchtet werden. Bei der Messung geht man stets von gleicher minimaler Helligkeit (bei geringer Gesamthelligkeit reagiert das Auge des Menschen empfindlicher - Dunkelsehen) der beiden Gesichtsfeldhälften aus.

Zur Ermittlung des Drehsinnes der Quarzstücke verwendet man *weißes* Licht. Die einzelnen Wellenlängen, aus denen sich das weiße Licht zusammensetzt, werden verschieden stark von der Drehung betroffen. In jeder Stellung des Analysators wird eine Wellenlänge ausgelöscht und das Licht erscheint in der Komplementärfarbe. Dreht man den Analysator in eine Richtung weiter, so sieht man eine Abfolge von Farben. Jene Richtung, in die man den Analysator drehen muss, um die Farbfolge **grün - blau - rot - gelb** zu erhalten, ist zugleich die Drehrichtung der zu untersuchenden optisch aktiven Substanz.

Für die Messungen an der Zuckerlösung wird das Polarimeter nach *Mitscherlich* verwendet. Das Funktionsprinzip dieses Gerätes ist gleich dem in Abb. 5 gezeigten. Die Lichtquelle (Natriumdampfampe, $\lambda \approx 590 \text{ nm}$) ist eingebaut und das Polarimeter ist mit einem Schacht ausgestattet, in den die Küvetten mit den zu untersuchenden Flüssigkeiten passen.

Der gemessene Drehwinkel α einer Zuckerlösung ist proportional zur Weglänge l (Länge des Rohres) und zur Konzentration C . Es gilt:

$$\alpha = [\alpha] \cdot C \cdot l \quad (11)$$

wobei unter der Konzentration der Quotient aus der Masse der gelösten Substanz in g und dem Volumen des Lösungsmittels in ml zu verstehen ist. Im Fall von Wasser mit einer Dichte von $1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ g/ml}$ entspricht C dem Massenverhältnis zwischen gelöster Substanz und Wasser. Die materialspezifische Größe $[\alpha]$ in Gleichung 11 heißt *spezifischer*

Drehwinkel oder kurz *spezifische Drehung* der Substanz. Die Länge l wird konventioneller Weise in dm angegeben und der Drehwinkel in Grad ($^{\circ}$).

Setzen Sie mit dem am Arbeitsplatz befindlichen Pulver eine zehnprozentige Lösung an und bestimmen Sie mit der kurzen Küvette die spezifische Drehung. Vergleichen Sie mit dem Literaturwert [1].

Literatur

- [1] Bergmann-Schaefer, Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd. 3: Optik, Walter de Gruyter Verlag, 9. Auflage (1993), p. 538.