

Versuch 14: Das Lambert-Beersche Gesetz / Prismenspektrometer

In diesem Versuch werden verschiedene Materialien bezüglich ihrer brechenden und absorbierenden Eigenschaften gegenüber elektromagnetischen Wellen im sichtbaren Bereich untersucht. Es werden die exponentielle Intensitätsabnahme des Lichtes beim Durchgang durch eine absorbierende Farbstofflösung (Lambertsches Gesetz) sowie die Gültigkeit des Beerschen Gesetzes für Farbstofflösungen unterschiedlicher Konzentrationen experimentell überprüft. Im zweiten Teilversuch wird die Funktionsweise eines Prismenspektrometers erlernt sowie dessen Auflösungsvermögen untersucht.

Vorkenntnisse

Absorption und Transmission – Dispersion – Komplexer Brechungsindex – Absorptionskoeffizient – Extinktionskoeffizient – Wirkungsquerschnitt – Konzentrationsabhängigkeit – Elektromagnetische Wellen – Streuung – (Grau-)Filter – Prismenspektrometer – Aufbau von Kollimator und Fernrohr – Fermatsches Prinzip – Transmission und Reflektion an planparallelen Platten – Spektrallinien – Kalibrierung eines Spektrometers – Auflösungsvermögen eines Prismas – Rayleigh-Kriterium

Physikalische Grundlagen

Das Lambert-Beersche Gesetz

Durch das Lambert-Beersche Gesetz wird die Intensitätsabnahme einer elektromagnetischen Welle in einem absorbierenden Medium beschrieben. Es gilt für die Intensität I

$$I(x) = I(x_0)e^{-K(x-x_0)}, \quad (1)$$

wobei x der Ort ist. Bei x_0 trifft die elektromagnetische Welle auf das Medium. Nach Durchlaufen der Strecke $1/K$ ist die Intensität des Lichtstrahles auf den e -ten Teil von $I(x_0)$, d.h. auf etwa 37%, abgefallen. Diese Gesetzmäßigkeit wird als Lambertsches Gesetz bezeichnet. August Beer ergänzte dieses Gesetz, indem er feststellte, dass sich bei Lösungen eines absorbierenden Stoffes in einem nicht-absorbierenden Medium das Verhältnis von durchgelassener zu ursprünglicher Intensität nicht ändert, wenn das Produkt von Konzentration N und Schichtdicke d konstant bleibt. Führt man für die gelösten Teilchen einen *konzentrationsunabhängigen* Absorptionsquerschnitt q ein, kann der Absorptionkoeffizient K geschrieben werden als

$$K = q N, \quad \text{mit } q = \text{const.} \quad (2)$$

Dabei kann der konzentrationsunabhängige Absorptionsquerschnitt q nur bei fester Wellenlänge λ als konstant angenommen werden. Insgesamt ist der Absorptionskoeffizient also proportional zur Konzentration. Daraus ergibt sich das Lambert-Beersche Gesetz

$$I(x) = I(x_0)e^{-qN(x-x_0)}. \quad (3)$$

Dieses Gesetz ist nur für geringe Konzentrationen der absorbierenden Teilchen eine gute Näherung. In Festkörpern (große Konzentrationen) wird der Abstand zwischen den Teilchen zu gering und vorher vernachlässigbare Wechselwirkungen zwischen den Teilchen, wie beispielsweise Coulomb-Kräfte, verändern das Ergebnis. Für Festkörper ist die Gültigkeit des Lambert-Beerschen Gesetzes daher gesondert zu überprüfen. Die Gültigkeit bzw. Nichtgültigkeit des Lambert-Beerschen Gesetzes erlaubt somit wichtige Rückschlüsse auf den Wechselwirkungsmechanismus der Lichtquanten mit der Materie.

Auflösungsvermögen und Rayleigh-Kriterium

Die Fähigkeit, Licht von sehr nah beieinanderliegenden Wellenlängen getrennt voneinander abzubilden, benötigt man, um die Fein- und Hyperfeinstruktur von elektromagnetischen Spektren zu untersuchen. Ein Maß für diese Fähigkeit ist das spektrale Auflösungsvermögen A . Es ist definiert als

$$A = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}, \quad (4)$$

wobei $\Delta\lambda$ die minimale Differenz zweier Spektrallinien mit Wellenlänge λ und $\lambda + \Delta\lambda$ ist, die gerade noch getrennt abgebildet werden. Da das Licht im zweiten Teilversuch mit dem Prismenspektrometer bereits am Spalt gebeugt wird, um paralleles Licht zu erzeugen, nimmt man als Maß für "gerade noch getrennt abgebildet" das sogenannte Rayleigh-Kriterium an: Besteht das einfallende Licht aus der Überlagerung zweier ebenen Wellen der Wellenlänge λ und $\lambda + \Delta\lambda$, so sind die Beugungsfiguren dann getrennt abgebildet, wenn das Hauptmaximum der einen Wellenlänge mit dem Minimum erster Ordnung der anderen Wellenlänge zusammenfällt (oder weiter außen liegt).

Strahlengang im Prisma und Brechungsindex n

Fällt ein monochromatischer Lichtstrahl auf eine Seite eines Glasprismas, so hat dieser beim Austreten aus dem Prisma eine Richtungsänderung um den Ablenkungswinkel δ erfahren. Der Ablenkungswinkel ist dabei abhängig vom Einfallswinkel des Lichtstrahls, vom brechenden Winkel ε (Prismenwinkel) und dem Brechungsindex des Glasprismas n . In Abb. 1 ist der Strahlengang durch ein Prisma graphisch dargestellt. Grundlegend für die Beschreibung des Strahlengangs im Prisma ist das Snelliussche Brechungsgesetz

$$n_1 \sin(\beta_1) = n_2 \sin(\beta_2), \quad (5)$$

welches für monochromatisches Licht gilt (für Glasprisma in Luft: $n_1 \approx 1$, $n_2 = n$). Für die Betrachtung von polychromatischem Licht ist es daher notwendig, die Wellenlängenabhängigkeit des Brechungsindex n zu betrachten. Die Dispersion eines Materials im Bereich des sichtbaren Lichts kann mit Hilfe eines Prismenspektrometers untersucht werden. Dabei macht man sich zunutze, dass der minimale Ablenkungswinkel δ_{\min} dann vorliegt, wenn der Strahlengang durch das Prisma symmetrisch ist. Aus Gl. (5) folgt

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\varepsilon + \delta_{\min}}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\varepsilon}{2}\right)} \quad (6)$$

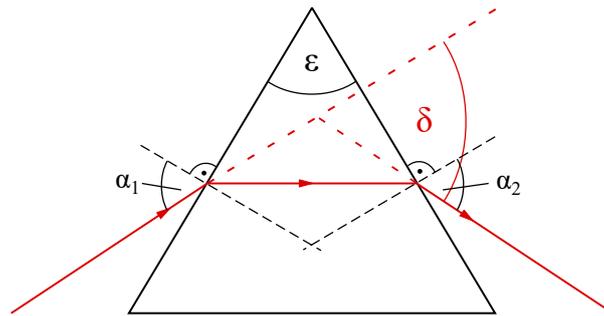


Abb. 1: Brechung eines monochromatischen Lichtstrahls im Prisma. Der Winkel ε kennzeichnet hierbei den Prismenwinkel, der Winkel δ gibt den Ablenkungswinkel für den betrachteten Lichtstrahl (rot) an. Bei symmetrischem Strahlengang durch das Prisma liegt der minimale Ablenkungswinkel δ_{\min} vor.

mit dem Prismenwinkel ε und dem minimalen Ablenkungswinkel δ_{\min} . Bei Kenntnis über den brechenden Winkel ε lässt sich der Brechungsindex n eines Prismas als Funktion der Lichtwellenlänge λ messen, indem für die jeweilige Wellenlänge der Winkel der minimalen Ablenkung bestimmt wird. Auf diese Weise lässt sich experimentell die Dispersionsrelation $n(\lambda)$ für das Prismenglas bestimmen.

Auflösungsvermögen eines Prismas

Der Strahlengang der beiden Wellenlängen λ und $\lambda + \Delta\lambda$ im Fall der minimalen Ablenkung wird in Abb. 2 gezeigt. Mögliche Effekte der Sammellinse auf das Auflösungsvermögen werden hierbei vernachlässigt.

Die beiden Wellenlängen λ und $\lambda + \Delta\lambda$ sind dann gerade noch trennbar, wenn die Differenz $\Delta\delta_{\min}$ der Ablenkungswinkel gerade der Breite des 1. Beugungsmaximum Ψ entspricht.

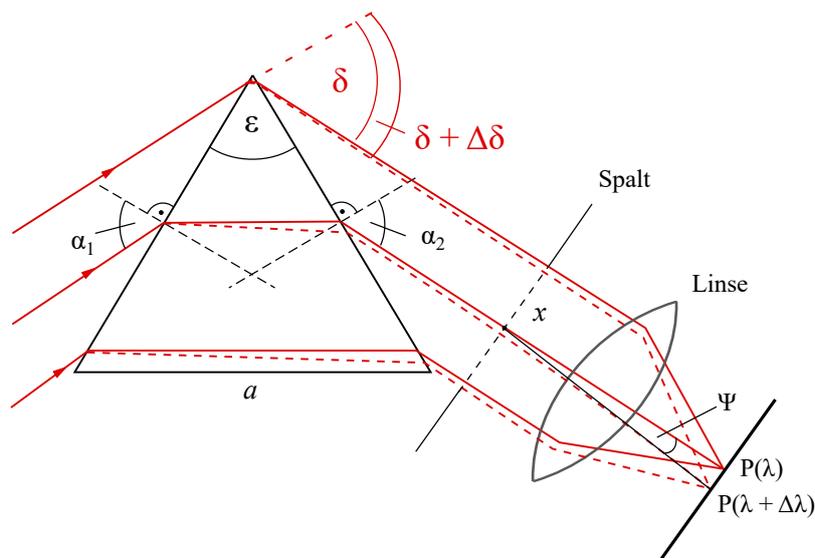


Abb. 2: Auflösungsvermögen des Prismas mit zwei gerade noch aufgelösten Wellenlängen λ und $\lambda + \Delta\lambda$. Das Prisma wirkt auf das Licht wie ein Beugungsspalt der Abmessung x .

$$\Delta\delta_{\min} = \delta_{\min}(\lambda + \Delta\lambda) - \delta_{\min}(\lambda) = \Psi \quad (7)$$

Nun wirkt das Prisma auf das Licht wie ein Beugungsspalt der Abmessung x . Aus der Theorie der Beugung am Spalt erhält man für die Breite des Beugungsmaximums

$$\Psi \approx \sin(\Psi) = \frac{\lambda}{x}. \quad (8)$$

Die Näherung $\sin(\Psi) \approx \Psi$ ist hier zulässig, da $\lambda \ll x$. Da die vollständige Berechnung aufgrund der Abhängigkeit der Größe $\Delta\delta_{\min}$ von δ aufwendig ist, wird $\delta_{\min}(\lambda + \Delta\lambda)$ durch eine Taylor-Reihe angenähert

$$\delta_{\min}(\lambda + \Delta\lambda) \approx \delta_{\min}(\lambda) + \frac{d\delta_{\min}}{d\lambda} \Delta\lambda. \quad (9)$$

Damit wird Gl. (7) zu

$$\Delta\delta_{\min} = \frac{d\delta_{\min}}{d\lambda} \Delta\lambda = \frac{d\delta_{\min}}{dn} \frac{dn}{d\lambda} \Delta\lambda = \frac{1}{dn/d\delta_{\min}} \frac{dn}{d\lambda} \Delta\lambda = \frac{2 \sin(\varepsilon/2)}{\cos((\delta_{\min} + \varepsilon)/2)} \frac{dn}{d\lambda} \Delta\lambda = \frac{\lambda}{x}, \quad (10)$$

wobei Gl. (6) verwendet wurde. Gl. (10) erklärt auch, warum das Auflösungsvermögen im Bereich der minimalen Ablenkung maximal ist. Nur für den symmetrischen Strahl wird die gesamte Größe des Prisma ausgenutzt und daher der durchlaufene Bereich maximiert. Dies ist der Fall, der in Abb. 2 dargestellt ist. Damit erhält man für das Auflösungsvermögen A

$$A = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = \frac{2 \sin(\varepsilon/2)}{\cos((\delta_{\min} + \varepsilon)/2)} \frac{dn}{d\lambda} x. \quad (11)$$

Die Formel wird einfacher und praktikabler, wenn x zugunsten der Basislänge des Prismas a eliminiert wird. Aus Abb. 2 ist der folgende Zusammenhang ersichtlich

$$x = \frac{a \cos(\alpha_2)}{2 \sin(\varepsilon/2)}. \quad (12)$$

Durch Einsetzen von Gl. (11) in Gl. (12) und der Berücksichtigung von $\alpha_2 = (\delta_{\min} + \varepsilon)/2$ ergibt sich schließlich, dass das Prisma ein Auflösungsvermögen

$$A = a \frac{dn}{d\lambda} \quad (13)$$

besitzt. Es ist damit nicht vom Winkel der brechenden Kante abhängig, sondern nur von der Länge der Grundseite des Prismas sowie der Dispersionsrelation. *Welche Nachteile entstehen durch einen hohen Brechungsindex oder eine große Basislänge des Prismas?*

Vorbereitende Aufgabe

Leiten Sie ausgehend von Abb. 1 den Zusammenhang $\sin(\frac{\varepsilon + \delta_{\min}}{2}) = n \sin(\frac{\varepsilon}{2})$ (vgl. Gl. (6)) aus dem Snelliusschen Brechungsgesetz her. Nehmen Sie dazu an, dass sich das Prisma in Luft befindet, also $n_1 \approx 1$ sowie $n_2 = n$ gelten.

Experiment

Zur Analyse des Verhaltens von Licht in optischen Medien ist dieser Versuch in zwei Teile gegliedert. Im ersten Versuchsteil wird das Lambert-Beersche Gesetz überprüft. Im zweiten Versuchsteil wird zunächst eine optische Justierung am Prismenspektrometer durchgeführt, um anschließend die Dispersion und Auflösungsvermögen am Prisma analysieren zu können.

1. Lambert-Beersches Gesetz

Zur Überprüfung der durch das Lambert-Beersche Gesetz formulierten Schichtdickenabhängigkeit der Lichtabsorption sind auf einer optischen Bank ein Laser, eine diagonal geteilte, rechteckige Glasküvette und ein Photoelement mit Ausgangsverstärkung hintereinander aufgestellt. An einem Multimeter kann die Photospannung abgelesen werden.

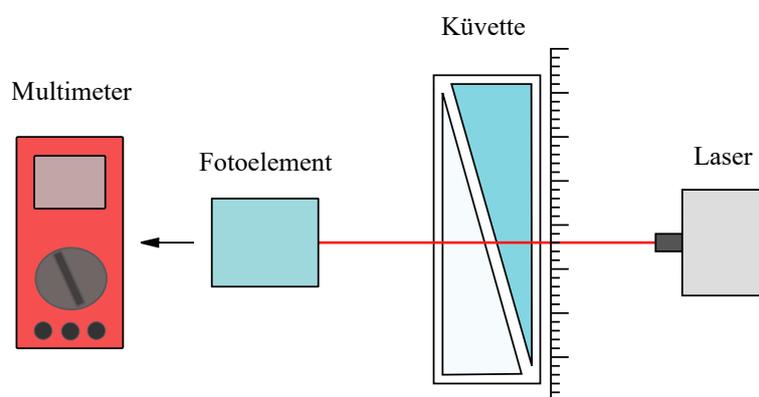


Abb. 3: Schematische Aufsicht auf den Versuchsaufbau zur Überprüfung der Schichtdickenabhängigkeit (Versuch 1.1.).

Weiterhin steht für diesen Versuchsteil das Gerät *Libra S₄* von *Biochrom* zur Verfügung. Hierbei handelt es sich um ein Gitterspektrometer mit einer Wolfram-Halogenlampe, das im Bereich von 330 nm bis 800 nm arbeitet. Das Licht wird kollimiert und fällt auf ein Beugungsgitter. Es wird mittels einer zweiten Linse auf den Austrittsspalt fokussiert, hinter dem sich die mit der zu untersuchenden Lösung gefüllte Küvette befindet. Nach dem Durchgang durch die Küvette fällt das Licht auf eine Photodiodengruppe. Der Photostrom wird verstärkt und aufgezeichnet. Es können mit diesem Aufbau absolute und relative Intensitätswerte gemessen werden. Im vorliegenden Versuch werden immer die relativen Intensitäten zu einem Vergleichsnormale (destilliertes Wasser) benötigt.

Herstellen der Farbstofflösungen

In diesem Versuchsteil werden Absorptions- und Transmissionsspektren für Malachitgrünlösungen ($C_{23}H_{25}Cl N_2$) unterschiedlicher Konzentrationen aufgenommen. Dafür steht auf dem zu diesem Versuch gehörenden Chemikaliertisch eine 1000%-ige Malachitgrünlösung (hergestellt aus 4 mg Malachitgrün auf 30 ml destilliertem Wasser) bereit, von der Sie für die einzelnen Versuchsteile eine geeignete Menge weiter verdünnen. Für die Arbeiten am Chemikaliertisch hängen Laborkittel neben dem Waschbecken.

Entsorgen Sie die verdünnten Lösungen nach Beenden des Versuchsteils ausschließlich in dem dafür vorgesehenen Restbehälter, der sich ebenfalls auf dem Chemikaliertisch befindet. Sollte der Restbehälter voll sein, wenden Sie sich an den Versuchsbetreuer. Spülen Sie alle Gefäße und Pipetten nach deren Verwendung gründlich aus.

1.1. Überprüfung der Schichtdickenabhängigkeit

Zur Überprüfung des Lambertschen Gesetzes werden Absorptionsmessungen bei verschiedenen Schichtdicken vorgenommen. Dazu wird zunächst der diagonal geteilte Glasbehälter auf beiden Seiten mit Wasser gefüllt, um einen Referenzwert I_0 ohne Farbstofflösung zu erhalten. Dabei muss der Laser auf das Fotoelement ausgerichtet werden, sodass der am Multimeter abgelesene Wert maximal ist. Danach dürfen die Positionen und Ausrichtungen von Laser und Fotoelement nicht mehr verändert werden!

Nun wird eine Seite des Glasbehälters mit Wasser und die andere mit 100%-iger Malachitgrünlösung gefüllt und die Absorption bei 10 verschiedenen Dicken gemessen. Verdünnen Sie eine geeignete Menge der 1000%-igen Malachitgrünlösung, um die 100%-ige Malachitgrünlösung zu erhalten. Messen Sie nicht ganz zu den Rändern des Gefäßes!

Tragen Sie $\ln(I/I_0)$ über der Schichtdicke d auf. Bei Gültigkeit des Lambertschen Gesetzes ergibt sich hierbei eine Gerade, deren Steigung den Absorptionskoeffizienten K liefert. *Begründen Sie dies.* Diskutieren Sie Ihre Ergebnisse.

1.2. Überprüfung des Transmissionsspektrums

Bestimmen Sie das Transmissionsspektrum der 100%-igen Malachitgrünlösung im Bereich von 330 bis 800 nm mit dem *Libra S4*. Auf dem Chemikaliertisch stehen Rechteckküvetten bereit, die in den Probenraum des *Libra S4* eingesetzt werden können. Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Füllen Sie eine der Rechteckküvetten als Vergleichswert mit destilliertem Wasser.
2. Füllen Sie eine der Rechteckküvetten mit 100%-iger Malachitgrünlösung.
3. Nach dem Einschalten des Gerätes wird mit der Referenzküvette mit destilliertem Wasser der Referenzwert eingestellt ("0A/100%T"). Beachten Sie beim Einsetzen der Küvetten, dass diese mit der klaren und nicht mit der matten Seite in Richtung des Lichtstrahls eingesetzt werden. **Die Messung mit der Referenzküvette muss vor jeder neuen Messung wiederholt werden!**
4. Nehmen Sie nach Einsetzen der Farbstoffküvette das Transmissionsspektrum auf. Achten Sie auch hier auf das korrekte Einsetzen der Küvette.
5. Nehmen Sie das Spektrum für Wellenlängen zwischen 330 und 800 nm in 20 nm-Schritten auf.

Decken Sie während einer Messung den Probenraum zur Vermeidung von Fremdlichteinflüssen mit einer Schutzkappe ab. Tragen Sie das gemessene Spektrum graphisch auf und diskutieren Sie Ihre Ergebnisse. Vergleichen Sie Ihre optischen Eindrücke der Lösung mit dem gemessenen Spektrum.

1.3. Überprüfung der Konzentrationsabhängigkeit

In diesem Versuchsteil soll die Transmission von Malachitgrünlösung für verschiedene Lösungskonzentrationen gemessen werden. Stellen Sie dazu eine Konzentrationsreihe der Malachitgrünlösung her, indem Sie die Anfangskonzentration durch Zugabe von destilliertem Wasser in neun Schritten von 100% auf 90%, 80%, ..., 10% vermindern. **Dreisatz!**

Ermitteln Sie vor der Messung aus dem im vorherigen Versuchsteil aufgenommenen Transmissionsspektrum die Wellenlänge, bei der die maximale Absorption vorliegt. Dies ist die Wellenlänge, für die die Messungen in diesem Versuchsteil durchgeführt werden sollen. Nehmen Sie mit der

Vergleichsküvette den Referenzwert auf. Messen Sie danach die Transmission der zehn unterschiedlich konzentrierten Farbstofflösungen.

Tragen Sie $\ln(I/I_0)$ über der Konzentration c auf. Bei Gültigkeit des Beerschen Gesetzes ergibt sich eine Gerade, aus deren Steigung der Absorptionsquerschnitt q für diese Wellenlänge zu bestimmen ist. Die Konzentration der Lösung kann aus der Molmasse des Farbstoffes und der gelösten Masse bestimmt werden. Diskutieren Sie Ihre Ergebnisse.

2. Prismenspektrometer

Das Prismenspektrometer ist aus einem fest montiertem Spaltrohr (Kollimator), welches vorn den Spalt und hinten die Kollimatorlinse trägt, einem drehbaren und durch drei Schrauben in alle Richtungen justierbaren Prismentisch und einem beweglichem Fernrohr mit einem beleuchteten Fadenkreuz aufgebaut. Der Prismentisch ist fest mit dem Teilkreis des Nonius verbunden, das Fernrohr mit den Ablesemarken. Daher ist die Winkelmessung unabhängig von der Spaltrohreinstellung und nur abhängig von Prisma- und Fernrohrstellung. Fernrohr und Prismentisch sind um eine gemeinsame Achse drehbar, die senkrecht durch das Zentrum der Teilkreisebene verläuft. Diese Achse wird als Spektrometerachse (S) bezeichnet.

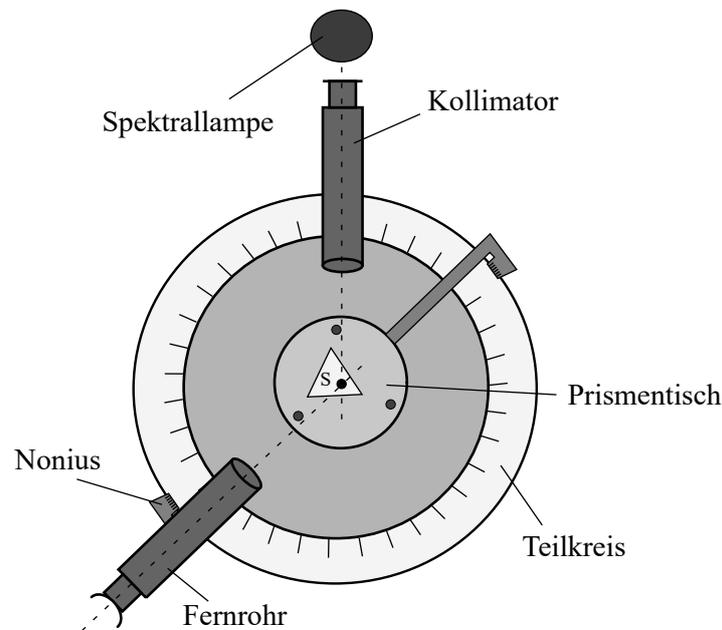


Abb. 4: Schematische Darstellung des Prismenspektrometers.

Als Lichtquelle dienen in diesem Versuch eine Hg-Cd-Spektrollampe und eine Na-Spektrollampe. Vor Beginn der Messung muss das Spektrometer justiert werden.

Justierung des Fernrohres

- Richten Sie zuerst Fernrohr, Prismentisch und Spaltrohr nach Augenmaß horizontal aus.
- Stellen Sie das Fadenkreuz (mit eingeschalteter Beleuchtung) durch Verschieben des Okulars scharf.
- Stellen Sie das Fernrohr auf unendlich ein, indem Sie das Prisma vor das Objektiv so auf den Prismentisch stellen, dass die spiegelnde Seite des Prismas zum Objektiv zeigt

und parallel dazu steht. Stellen Sie das Spiegelbild des beleuchteten Fadenkreuzes und zugleich das Fadenkreuz selbst durch Verschieben des Okulars scharf. *Verändern Sie diese Grundeinstellungen nun nicht mehr.*

- (d) Richten Sie das Fernrohr bzw. den Prismentisch senkrecht zur Spektrometerachse aus, indem Sie den Prismentisch so justieren, dass das Spiegelbild des Fadenkreuzes auf der spiegelnden Seite des Prismas mit dem Fadenkreuz selbst zusammenfällt. Drehen Sie danach den Prismentisch um 90° und richten Sie das Prisma erneut mit der spiegelnden Seite zum Fernrohr aus. Steht die Fernrohrachse nicht senkrecht zur Spektrometerachse, so differieren jetzt Fadenkreuz und gespiegeltes Fadenkreuz. Korrigieren Sie in diesem Fall die Differenz zur Hälfte mit der Höhenverstellungsschraube des Fernrohres und zur anderen Hälfte mit der Nivellierschraube des Prismentisches. Wiederholen Sie diese Justierung solange, bis keine Differenz mehr beim Drehen des Prismentisches zu sehen ist. (Arretieren Sie vor dem Drehen des Prismentisches das Fernrohr!)

Justierung des Spaltrohres

- (a) Beleuchten Sie den leicht geöffneten Spalt mit einer Spektrallampe. Die Stellung des Spalts ist über eine Mikrometerschraube regelbar.
- (b) Richten Sie mit Hilfe der Höhenverstellungsschraube des Spaltrohres den Spalt mittig zur Horizontalen des Fadenkreuzes aus.
- (c) Richten Sie den Spalt durch Drehen des Tubus vertikal aus.
- (d) Stellen Sie die Spaltöffnung und die Tubuslänge so ein, dass der Spalt scharf abgebildet wird.

Justierung der brechenden Kante des Prismas

Die brechende Kante des Prismas muss senkrecht zur optischen Achse justiert werden. Bringen Sie hierzu das Fernrohr in einem spitzen Winkel zum Spaltrohr und fixieren Sie es mittels der Feststellschraube. Stellen Sie das Prisma entsprechend Abb. 5 auf den Prismentisch. Achten Sie darauf, dass die verspiegelte Seite des Prismas nicht genutzt wird. Drehen Sie den Prismentisch so, dass das von der Prismenfläche reflektierte Spaltbild im Fernrohr sichtbar wird. Fixieren Sie mit der Feststellschraube den Prismentisch. Bringen Sie mit Hilfe der hinteren Nivellierschraube des Prismentisches (c1) den reflektierten Spalt in die Mitte des Fadenkreuzes. Wiederholen Sie die beiden folgenden Schritte sind nun, bis sich die Reflektion des Spalts beim Drehen des Prismentisches nicht mehr vertikal verschiebt:

- (a) Lösen Sie die Feststellschraube des Prismentisches, drehen Sie den Prismentisch, bis das Spaltbild an der anderen Prismenfläche reflektiert wird. Fixieren Sie den Prismentisch wieder mit der Feststellschraube.
- (b) Bringen Sie jetzt mit der aus der Sicht des Fernrohres hinter dem Prisma liegenden Nivellierschraube des Prismentisches den reflektierten Spalt in die Mitte des Fadenkreuzes.

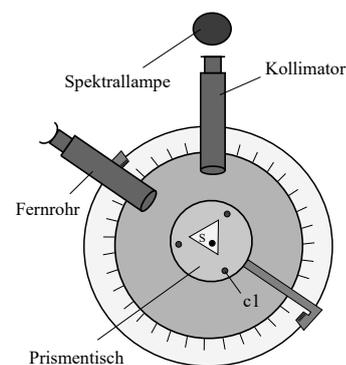


Abb. 5: Ausrichtung der Prismenflächen mit den Nivellierschrauben (c1) des Prismentisches.

2.1. Bestimmung des Brechungswinkels ε

Schalten Sie die Spektrallampe ein und stellen Sie das Prisma mit der brechenden Kante zum Kollimator auf. Der Strahl sollte durch die Kante halbiert werden. Nun muss mit dem Fernrohr das Spiegelbild des Spalts von beiden Prismenflächen gefunden werden und die Werte der Winkel φ_1 und φ_2 aufgenommen werden. Der Brechungswinkel ε berechnet sich dann zu

$$\varepsilon = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}. \quad (14)$$

Bestimmen Sie ε . Begründen Sie geometrisch die Gültigkeit von Gl. (14).

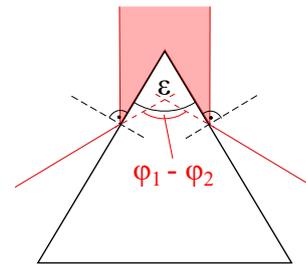


Abb. 6: Schematik zur Bestimmung des Brechungswinkels ε .

2.2. Bestimmung des minimalen Ablenkungswinkels δ_{\min} und Brechungsindex n

Bestimmen Sie die minimalen Ablenkungswinkel δ_{\min} für die Hg-, Na- und Cd-Spektrallinien über die bekannten Wellenlängen der Spektren in Tab. 1. Beleuchten Sie dazu den Spalt mit der Spektrallampe. Stellen Sie das Prisma mittig auf den Prismentisch bringen Sie eine der Flächen an der brechenden Kante in den Lichtstrahl. Nach Auffinden des gebrochenen Lichtstrahls im Fernrohr, welches arretiert ist, drehen Sie den Prismentisch mit dem Prisma. Dabei bewegt sich das Spaltbild und kehrt seine Bewegungsrichtung um, wenn das Minimum der Ablenkung überschritten wird. Bringen Sie das Fernrohr möglichst genau an die Stelle, an der der Umkehrpunkt im Fadenkreuz liegt. Ermitteln Sie diese Minimallage für alle Spektrallinien und lesen Sie diese ab.

Berechnen Sie aus dem minimalen Ablenkungswinkel δ_{\min} mit Gl. (6) den Brechungsindex $n(\delta_{\min})$. Stellen Sie n zusätzlich graphisch in Abhängigkeit von λ dar und diskutieren Sie den Verlauf.

2.3. Auflösungsvermögen des Prismas

Ermitteln Sie aus der graphischen Auftragung des vorherigen Versuchsteils die Dispersion $dn/d\lambda$ für die Wellenlänge der gelben Natriumlinien (Na) und der gelben Quecksilberlinien (Hg). Hinweis: Bestimmen Sie hierzu die Steigung des Graphen $n(\lambda)$ im Bereich der Doppellinien.

Berechnen Sie weiter über die Basislänge des Prismas a und Gl. (13) das Auflösungsvermögen A . Vergleichen Sie dieses mit dem theoretischen Wert $A = \lambda/\Delta\lambda$, der nötig wäre, um die beiden Linien als voneinander getrennt betrachten zu können.

Spektrallampe	Farbe	Wellenlänge λ (nm)	Intensität
Cadmium (Cd)	violett	441,5	mittel
	blau	467,8	stark
	blaugrün	480,0	stark
	grün	508,6	stark
	grün	515,5	schwach
	rot	643,8	stark
Natrium (Na)	blau	449,4	schwach
	blau	449,8	schwach
	blau	466,9	sehr schwach
	blaugrün	498,3	mittel
	blaugrün	514,9	schwach
	blaugrün	515,3	schwach
	gelbgrün	568,8	mittel
	gelb	589,59	stark
	gelb	589,00	stark
	rot	615,4	schwach
rot	616,1	schwach	
Quecksilber (Hg)	violett	404,6	mittel
	violett	407,8	schwach
	blau	435,8	stark
	blaugrün	491,6	mittel
	grün	546,2	stark
	gelb	576,96	stark
	gelb	579,06	stark
	rot	623,4	schwach

Tabelle 1: Spektrallinien der Cadmium-, Natrium- und Quecksilberspektrallampen.