

Dispersion von Prismen (O2)

Ziel des Versuches

Für drei Prismen aus verschiedenen Glassorten soll durch die Methode der Minimalablenkung die Dispersion, d. h. die Abhängigkeit der Brechungsindizes von der Wellenlänge, bestimmt werden.

Theoretischer Hintergrund

Eine monochromatische ebene Lichtwelle wird beim Durchgang durch ein Prisma mit der Brechzahl n zweimal gebrochen und insgesamt um einen Winkel δ abgelenkt (siehe Abb. 1).

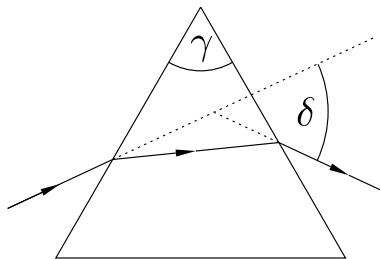


Abbildung 1: Strahlengang im Prisma.

Diese Ablenkung wird minimal ($\delta = \delta_{\min}$) für den Fall, dass der Strahlengang symmetrisch ist, d. h., dass im Inneren des Prismas der Lichtstrahl senkrecht zur Winkelhalbierenden des brechenden Winkels γ verläuft. In diesem Fall gilt die fraunhofersche Formel :

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\delta_{\min} + \gamma}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)} \quad (1)$$

Für Licht einer definierten Wellenlänge λ kann somit durch Messung von $\delta_{\min}(\lambda)$ und γ der Brechungsindex $n(\lambda)$ bestimmt werden.

Versuchsaufbau und -durchführung

Aufbau des Spektrometers

Zur Bestimmung von γ und δ_{\min} wird ein Spektrometer verwendet, welches ein Goniometer zur Winkelmessung besitzt. Der grundsätzliche Aufbau der Messapparatur ist in Abb. 2 in einer Aufsicht dargestellt.

Als Lichtquelle dient eine Spektrallampe, die Licht verschiedener, nahezu diskreter Wellenlängen emittiert. In Abb. 2 ist der Strahlengang exemplarisch für eine Wellenlänge, d. h. monochromatisches Licht, dargestellt. Die

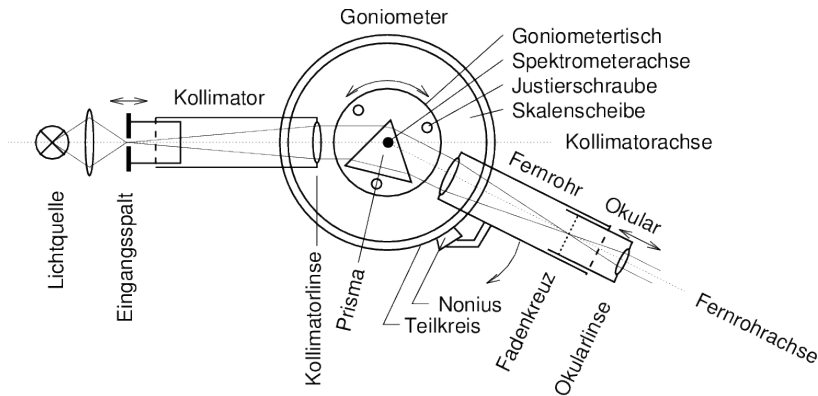


Abbildung 2: Aufbau des Spektrometers.

Spektrallampe beleuchtet den Eingangsspalt über eine Linse, die für eine möglichst gleichmäßige und intensive Ausleuchtung sorgen soll. Der Spalt kann relativ zur Kollimatorlinse verschoben und seine Breite variiert werden. Ein schmalerer Spalt erhöht das Auflösungsvermögen des Spektrometers, verringert jedoch die Lichtintensität. Für die Messung der Spektrallinien der Lampe sollte ein möglichst günstiger Kompromiss für die eingestellte Spaltbreite gefunden werden.

Wird der Spalt in die Brennebene der Kollimatorlinse gebracht, so liegt am Kollimatorausgang paralleles Licht vor.¹ Das Lichtbündel fällt dann auf ein Prisma, welches auf dem Goniometertisch steht. Das vom Prisma abgelenkte Licht kann durch ein Fernrohr betrachtet werden, welches aufgrund des parallelen Lichtes auf unendlich eingestellt sein muss.

Der Goniometertisch kann über drei Justierschrauben in seiner Lage verändert werden. Dadurch ist eine korrekte Ausrichtung des Prismas zur Spektrometerachse möglich. Der Goniometertisch und das Fernrohr sind voneinander unabhängig um die Spektrometerachse drehbar. Die Kollimatorachse und die Fernrohrachse können nicht justiert werden. Sie sollten nach den Angaben des Herstellers senkrecht auf der Spektrometerachse stehen. Beim Fernrohr kann die Drehung über einen Feintrieb sehr genau durchgeführt werden. Die Messung der relativen Drehwinkel zwischen Fernrohr und Goniometertisch erfolgt über eine fest am Goniometertisch angebrachte Skalenscheibe und einen Nonius am Fernrohr. Der Nullpunkt der Winkelskala ist willkürlich. Deshalb werden grundsätzlich immer nur Winkeldifferenzen $\Delta\theta$ gemessen.

Justage der optischen Anordnung

Justage des Spektrometers

Das Fernrohr muss zunächst auf unendlich eingestellt werden. Dazu richtet man das Fernrohr auf einen weit entfernten Gegenstand und stellt diesen durch Verschieben des Okulars scharf. Dieses Verfahren beruht auf der Tatsache, dass das von weit entfernten Objekten in das Fernrohr einfallende Licht nahezu parallel ist. Da sich genau im Brennpunkt der Okularlinse des Fernrohrs ein Fadenzug befindet, sollte dieses mit dem unendlich entfernten Objekt zusammen scharf und parallaxefrei abgebildet werden. Das Okular darf nach dieser Justage nicht mehr verschoben werden.

Nun wird das Fernrohr parallel zur Kollimatorachse ausgerichtet und das

¹ Warum ist paralleles Licht notwendig?

Machen Sie sich sorgfältig mit allen Einstell- und Arretiermöglichkeiten an der Apparatur vertraut

zunächst unscharfe Bild des Eingangsspalt es gesucht. Durch Verschieben des Spaltes wird dessen Bild scharfgestellt. Er befindet sich danach genau im Brennpunkt der Kollimatorlinse.

Justage des Goniometertisches

Das Ziel der Justage des Goniometertisches besteht darin, die brechenden Kanten des Prismas parallel zur Spektrometerachse und damit auch senkrecht zur Kollimator- und Fernrohrachse auszurichten (siehe Abb. 3).

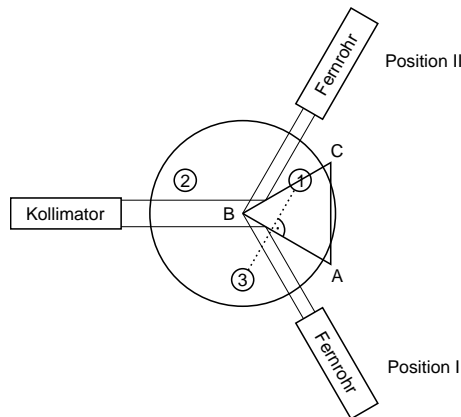


Abbildung 3: Justage des Goniometertisches.

Dazu stellt man die Prismenfläche AB nach Augenmaß senkrecht zur Verbindungslinie zweier Justierschrauben (1 und 3) und rückt die brechende Kante B in die Mitte des Goniometertisches und damit in die Kollimatorachse. Das Licht wird an beiden angrenzenden Prismenflächen (AB und BC) reflektiert.² Man beobachtet die Reflexion an der Fläche AB in der Fernrohrposition I und bringt mit Hilfe der Schrauben 1 und 3 die Mitten des Spaltbilds und des Fadenkreuzes in Deckung. Anschließend beobachtet man die Reflexion an der Fläche BC in der Fernrohrposition II und führt hier die gleiche Justage ausschließlich mit der Schraube 2 durch. Beide Justierschritte sind solange zu wiederholen, bis in beiden Fernrohrpositionen das Spaltbild die gewünschte Position einnimmt.

² Zur Verdeutlichung der gleichzeitigen Reflexion kann kurzzeitig der Eingangsspalt soweit geöffnet werden, dass auf einem in den Strahlengang gehaltenen Stück Papier der entsprechende Lichtfleck zu sehen ist.

Bestimmung des brechenden Winkels des Prismas

Die Anordnung zur Messung des brechenden Winkels γ des Prismas entspricht der in Abb. 3. Aus der Winkeldifferenz $\Delta\theta$ zwischen den Fernrohrpositionen I und II ergibt sich

$$\gamma = \frac{|\Delta\theta|}{2} \quad . \quad (2)$$

Bestimmung der Minimalablenkung

Das Prisma wird so aufgestellt, dass das Spektrum der Lampe durch das Fernrohr beobachtet werden kann (siehe Position I in Abb. 4). *Damit der Goniometertisch sich von nun an nicht mehr verdreht, wird er mit einer Feststellschraube arretiert.* Dreht man mit der Hand das Prisma vorsichtig um die Spektrometerachse und beobachtet die Bewegung einer ausgewählten Spektrallinie durch das Fernrohr, so kehrt sich die Bewegungsrichtung bei einer bestimmten Prismenstellung um. Dieser Umkehrpunkt definiert die Minimalablenkung für die entsprechende Spektrallinie.³ Das Fernrohr wird

³ Denken Sie daran, dass das Fernrohr den beobachteten Gegenstand seitenverkehrt abbildet.

so eingestellt, dass die Spektrallinie sich mittig auf dem Fadenkreuz befindet, und der Winkel $\theta(\lambda)$ wird abgelesen. Dieses Verfahren wird für jede Spektrallinie durchgeführt.

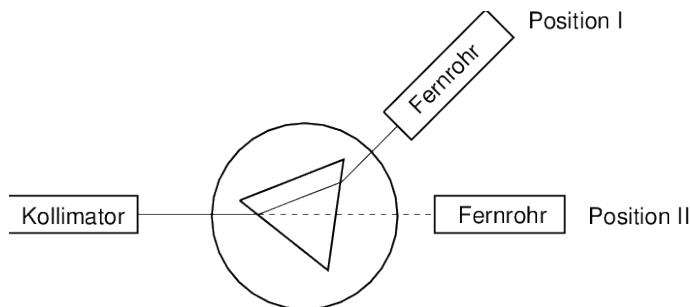


Abbildung 4: Anordnung zur Bestimmung der Minimalablenkung δ_{\min} .

Um aus den Winkeln $\theta(\lambda)$ die Minimalablenkungen $\delta_{\min}(\lambda)$ zu erhalten, ist eine weitere Winkelmessung notwendig. Dazu wird das Prisma vom Tisch genommen und durch Parallelstellung des Fernrohres zur Kollimatorachse das Bild des Eingangsspaltens mittig auf das Fadenkreuz eingestellt (siehe Position II in Abb. 4). Aus dem zugehörigen Winkel θ_0 ergibt sich für jede Spektrallinie $\delta_{\min}(\lambda)$ zu:

$$\delta_{\min}(\lambda) = |\theta(\lambda) - \theta_0| \quad . \quad (3)$$

Es sei noch einmal hervorgehoben, dass während der gesamten Messung der Minimalablenkungen der Goniometertisch nicht verdreht werden darf.

Aufgabenstellung

1. Führen Sie das angegebene Justageverfahren durch.
2. Wählen Sie einen der Prismenwinkel als brechenden Winkel γ aus, und bestimmen Sie diesen nach dem angegebenen Verfahren. Stellen Sie sicher, dass im Folgenden nur dieser Winkel als brechender Winkel verwendet wird. (Gegebenenfalls markieren.)
3. Bestimmen Sie die Minimalablenkungen $\delta_{\min}(\lambda)$ für die (hinreichend intensiven) Spektrallinien einer Spektrallampe.⁴ Die zugehörigen Wellenlängen finden Sie in Tab. 1, 2 oder 3.
4. Bestimmen Sie für die Wellenlängen aller gemessenen Spektrallinien den jeweils zugehörigen Brechungsindex n des Prismas nach Gl. (1), und stellen Sie $n(\lambda)$ grafisch dar. Zeichnen Sie die Literaturwerte aus Tab. 4 mit ein.
5. Führen Sie die Schritte 2-4 für drei Prismen aus verschiedenen Gläsern (Kron-, Flint- und Schwerflintglas) durch.

⁴ Je nach Versuchsplatz Hg, He oder Cd.

Anhang: Spektrallinien und Brechungsindizes

Wellenlänge λ (nm)	Farbe	Helligkeit
709,20	rot	schwach
708,19	rot	schwach
690,72	rot	schwach
579,07	gelb	sehr stark
578,97	gelb	sehr stark
576,96	gelb	sehr stark
546,07	grün	stark
491,60	blaugrün	mittel
435,84	blau	stark
434,75	blau	mittel
433,92	blau	mittel
407,78	violett	mittel
404,66	violett	mittel

Tabelle 1: Spektrallinien von Quecksilber

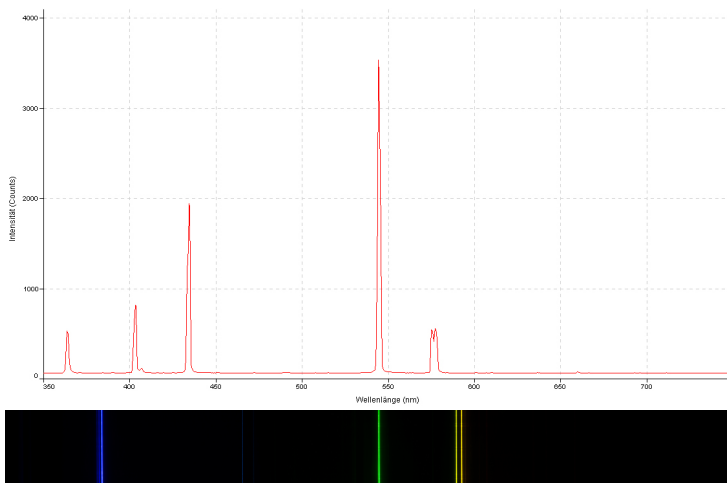


Abbildung 5: Hg-Spektrum: Aufnahme mit einem Gitter-Spektrometer und fotografische Aufnahme. Skalierung nicht korrespondierend.

Wellenlänge λ (nm)	Farbe	Helligkeit
706,54	dunkelrot	schwach
667,82	rot	stark
587,56	gelb	sehr stark
504,77	grün	schwach
501,57	grün	mittel
492,19	blaugrün	mittel
471,31	blau	schwach
447,15	blau	stark
438,79	violett	schwach

Tabelle 2: Spektrallinien von Helium

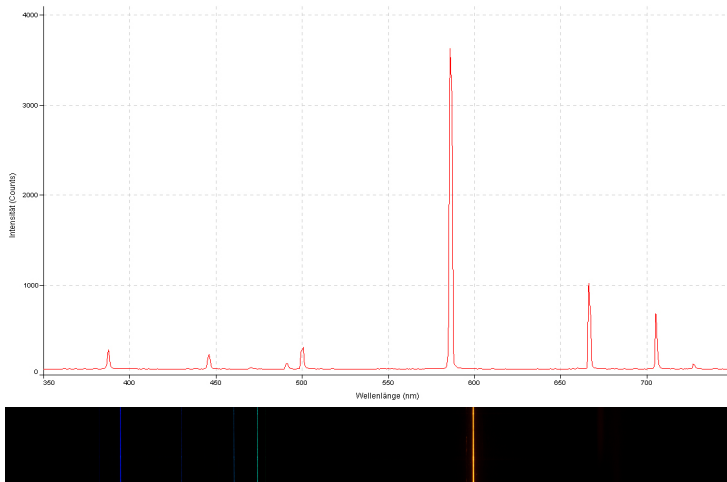


Abbildung 6: He-Spektrum: Aufnahme mit einem Gitter-Spektrometer und fotografische Aufnahme. Skalierung nicht korrespondierend.

Wellenlänge λ (nm)	Farbe	Helligkeit
643,85	rot	stark
635,99	gelbrot	schwach
508,58	grün	stark
479,99	blaugrün	stark
467,82	blau	stark
441,46	blau	mittel

Tabelle 3: Spektrallinien von Cadmium

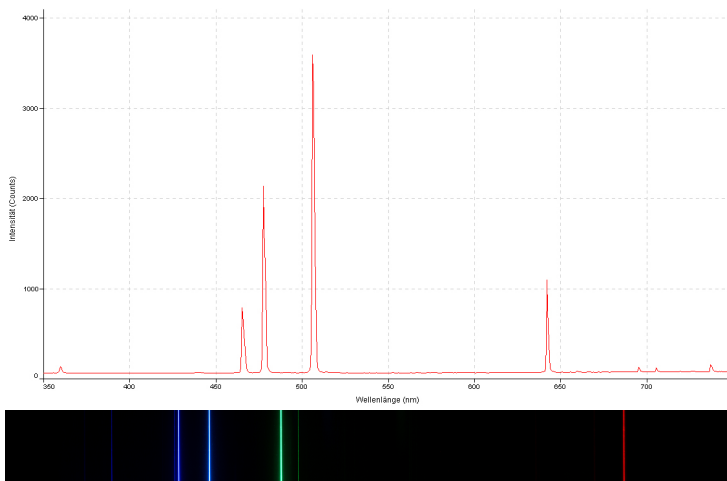


Abbildung 7: Cd-Spektrum: Aufnahme mit einem Gitter-Spektrometer und fotografische Aufnahme. Skalierung nicht korrespondierend.

Wellenlänge λ nm	Brechungsindex n		
	BK7	F2	SF11
706,5	1,513	1,612	1,771
656,3	1,514	1,615	1,776
643,8	1,515	1,616	1,777
632,8	1,515	1,617	1,779
587,6	1,517	1,620	1,785
546,1	1,518	1,624	1,792
486,1	1,522	1,632	1,807
435,8	1,527	1,642	1,825
404,7	1,530	1,651	1,842
365,0	1,536	1,666	1,870

Tabelle 4: Brechungsindizes von Gläsern