

<i>Gruppe :</i> <i>Namen , Matrikel Nr.:</i>	HS D Hochschule Düsseldorf Fachbereich EI Physikalisches Praktikum	<i>Versuchstag:</i> <i>Vorgelegt:</i> <u>Testat</u> :
---	--	--

V 503 : Spektrometer

Zusammenfassung:

<i>Gruppe :</i>	<h1>HS D</h1> <p>Hochschule Düsseldorf Fachbereich EI Physikalisches Praktikum</p>	<i>Korrigiert am:</i>
-----------------	--	-----------------------

1. Korrektur

2. Korrektur

3. Korrektur

Walcher; Praktikum der Physik
Kapitel 4.3 Spektrometer
 4.7 Beugung

Vorausgesetzte Kenntnisse

Gitter
Gitterkonstante
Beugung am Gitter
Beugungsbild n-ter Ordnung
Prisma

Brechung
Dispersion
Minimalablenkungswinkel
Goniometer

Aufgabe

Mit einem Gitterspektrometer sind die Wellenlängen der Spektrallinien einer Lichtquelle zu vermessen.

Von einem Prisma ist mit Hilfe eines bekannten Spektrums die Wellenlängenabhängigkeit des Brechungsindex zu bestimmen.

Grundlagen Gitterspektrometer

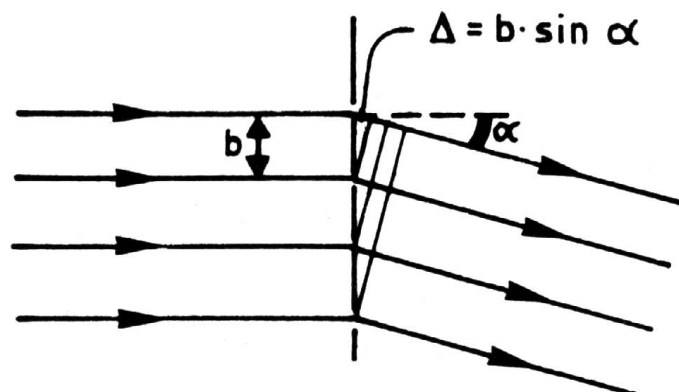


Abbildung 1: Gangunterschied bei einem Gitter

Ein Gitter besteht aus einer großen Zahl von Spalten in äquidistanten Abständen b . Trifft ein Parallelstrahlbündel monochromatischen Lichtes auf ein Gitter mit der Gitterkonstante b auf, so ist gemäß Abb. 1 der Gangunterschied benachbarter, unter dem gleichen Winkel gebeugter Strahlen

$$\Delta = b \cdot \sin \alpha$$

Die Interferenz dieser Strahlen führt für die Beugungswinkel α_n zu einer Verstärkung, für die gilt:

$$\sin \alpha_n = n \cdot \frac{\lambda}{b}$$

Dabei wird die ganze Zahl $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ als Ordnung der Interferenz bezeichnet. Für alle anderen Winkel führt die Interferenz bei einer großen Zahl von Gitterstrichen praktisch zu einer Auslöschung.

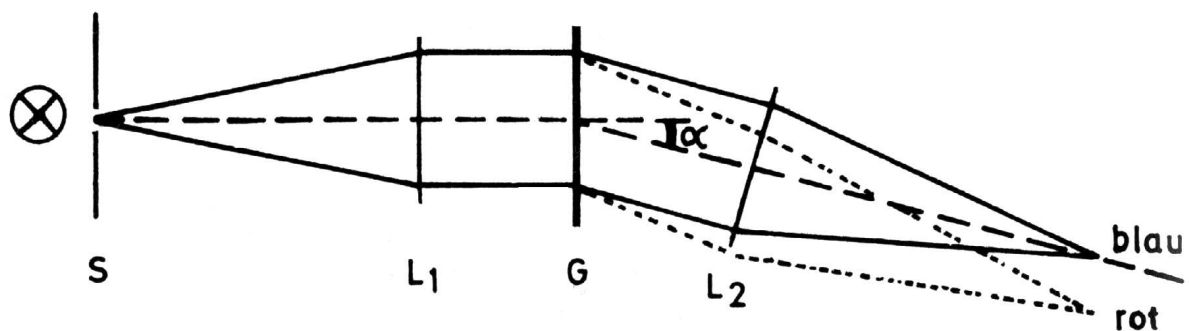


Abbildung 2: Aufbau eines Gitterspektrometers

Die Ablenkwinkel werden mit einem Gitterspektrometer gemessen. Den Strahlen-gang im Spektrometer zeigt Abb. 2. Mit der zu untersuchenden Lichtquelle wird der (senkrecht zur Zeichenebene stehende) Spalt S ausgeleuchtet. Der Spalt S steht in der Brennebene einer Kollimatorlinse L_1 , somit verlassen die vom Spalt divergent ausgehenden Strahlen die Kollimatorlinse in der Zeichenebene als Parallelbündel. Hinter dem Gitter G werden die in Richtung eines Intensitätsmaximums gebeugten parallelen Strahlen in der Brennebene der Linse L_2 zu einem optischen Bild des Spaltes – einer Spektrallinie – vereinigt.

Der Ablenkungswinkel für ein Interferenzmaximum hängt sowohl von der Wellenlänge als auch der Ordnung der Interferenz ab. Ein auf das Gitter fallendes Parallelbündel mit verschiedenen Farbanteilen, d.h. verschiedenen Wellenlängen, wird innerhalb einer Ordnung in verschiedene, gegeneinander geneigte Parallelbündel aufgespalten. Jedes der Parallelbündel wird in einem Punkt der Brennebene vereinigt. Die Ge-

samtheit der entstehenden Spektrallinien bildet das Spektrum. Beim Spektrometer ist die Linse L_2 das Objektiv eines Fernrohres. Die in der Brennebene des Objektivs entstehenden Spektrallinien können mit dem Okular des Fernrohres subjektiv beobachtet werden. Das Fernrohr ist um das Gitter drehbar. Es wird so justiert, daß sich jeweils eine Spektrallinie genau im Fadenkreuz des Okulars befindet; der zugehörige Ablenkungswinkel kann auf einer Winkelskala abgelesen werden.

Grundlagen Prismenspektrometer

Ein Prismenspektrometer entspricht im mechanisch-optischen Aufbau Abb. 2, zur Zerlegung des Lichtes wird dabei anstelle des Gitters ein Prisma verwendet. Ein auf das Prisma fallendes Parallelbündel mit verschiedenen Farbanteilen wird, da der Ablenkungswinkel beim Prisma vom Brechungsindex und damit von der Wellenlänge des Lichtes abhängt, in verschiedene, gegeneinander geneigte Parallelbündel aufgespalten.

Ein wesentlicher Vorteil der spektralen Zerlegung mit einem Prisma ist die eindeutige Zuordnung von Ablenkungswinkel und Wellenlänge, die beim Gitter wegen der Überlagerung verschiedener Ordnungen nur für Teilbereiche gegeben ist. Nachteilig beim Prisma ist, dass der Zusammenhang zwischen Ablenkungswinkel und Wellenlänge nicht linear ist und nicht elementar berechnet werden kann; dies erfordert eine Kalibrierung mit einem bekannten Spektrum.

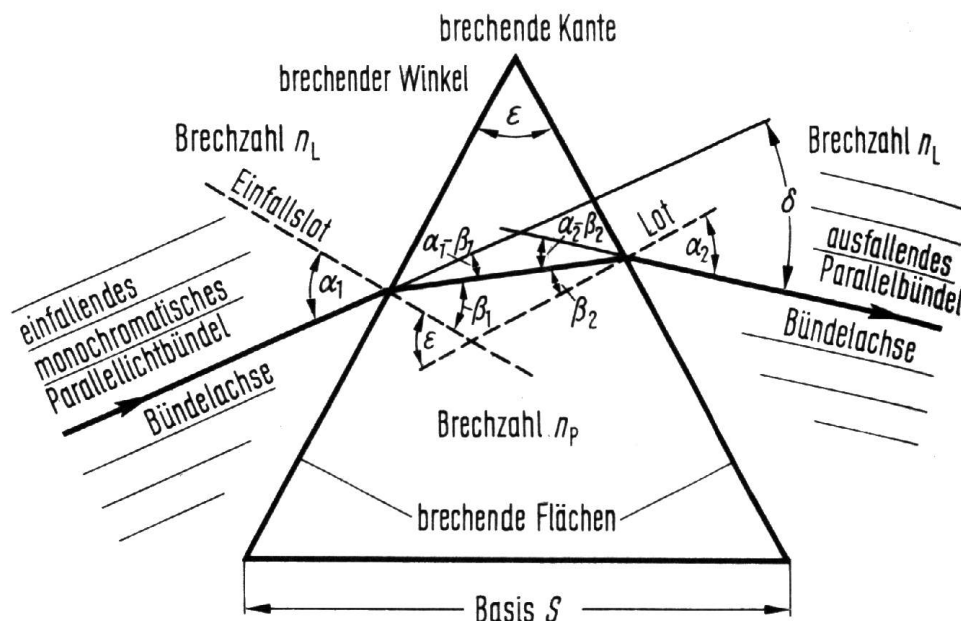


Abbildung 3 Brechung und Gesamtablenkung (δ) eines monochromatischen Parallelbündels im Hauptschnitt eines Prismas Parallelbündel, die den Hauptschnitt (= Zeichenebene) von oben nach unten durchstoßen, werden umso stärker abgelenkt, je größer der Winkel des Bündels gegen den Hauptschnitt ist.

Für ein gegebenes Prisma nimmt der Ablenkwinkel δ als Funktion des Einfallswinkels α_1 dann ein Minimum an ($\delta = \delta_{\min}$), wenn das Prisma symmetrisch vom Licht durchsetzt wird, d.h. wenn das Bündel senkrecht durch diejenige Ebene tritt, die den brechenden Winkel ε halbiert. In diesem Minimum der Ablenkung gelten die Beziehungen:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \left(\frac{\delta_{\min} + \varepsilon}{2} \right) = \alpha_{\min}$$

$$\beta_1 = \beta_2 = \frac{\varepsilon}{2} = \beta_{\min}$$

$$n = \frac{n_p}{n_{Luft}} = \frac{\sin \alpha_{\min}}{\sin \beta_{\min}} = \frac{\sin((\delta_{\min} + \varepsilon)/2)}{\sin(\varepsilon/2)}$$

Messungen an Prismen sollte man immer in diesem Spezialfall durchführen, weil dann der zu messende Ablenkwinkel δ nur wenig vom Einfallswinkel α_1 abhängt und weil das spektrale Auflösungsvermögen beim symmetrischen Durchgang maximal wird.

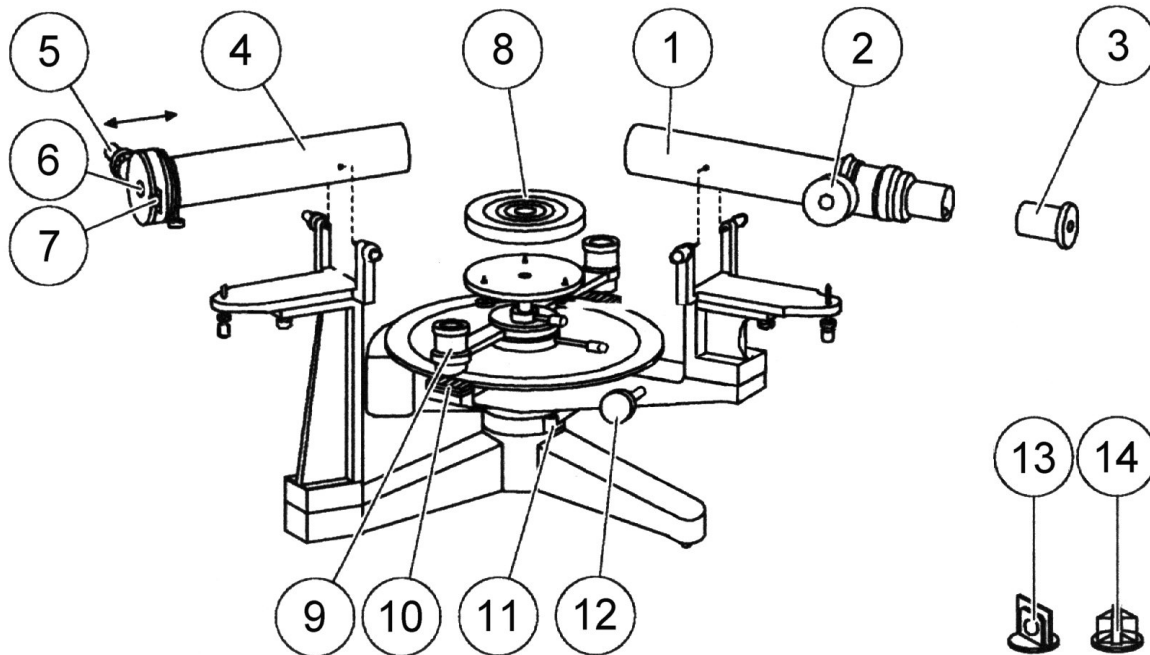


Abbildung 4 Aufbau des Spektrometers

- | | |
|--|---|
| 1) Fernrohr | 8) Tisch für Gitter oder Prisma |
| 2) Einstellschraube für Schärfe | 9) Ableselupen |
| 3) Verschiebbares Okular | 10) Nonius |
| 4) Spaltrohr | 11) Feststellschraube für Fernrohr |
| 5) Mikrometerschraube zur Spaltverbreiterung | 12) Feineinstellung für Fernrohrdrehung |
| 6) Verstellbarer Spalt | 13) Halter mit Gitter |
| 7) Verstellbare Spaltbegrenzung (Höhe) | 14) Halter mit Prisma |

Prisma und Gitter sehr sorgfältig behandeln und nicht mit bloßen Händen anfassen.



Das Spektrometer wurde vor dem Versuch justiert. Das Verstellen von oben nicht aufgeführten Schrauben kann zur Dejustage des Gerätes und zur erheblichen Verlängerung der Versuchsdauer führen !

Winkelmessung

Zur Winkelmessung sind Fern- und Spaltrohr mit dem Tisch für Gitter oder Prisma und einer in halben Winkelgraden geteilten Skalenscheibe, dem Teilkreis, zu einem Goniometer vereint. Mit dem Fernrohr starr verbunden, und mit ihm daher um die Achse drehbar ist der Kreisnonius. Die genaue Winkelablesung erfordert nämlich eine Interpolation auf dem Teilkreis.

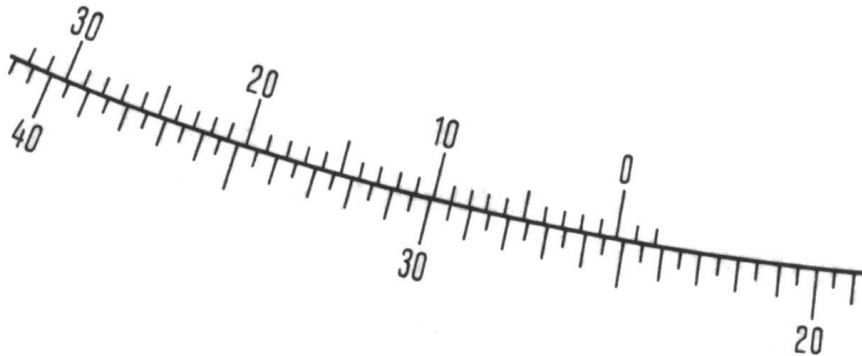


Abbildung 5 Kreisnonius (Abgelesener Wert $25^{\circ} 9'$)

Der Winkel φ ist zwischen 29 Teilstrichen des Teilkreises in 30 Teile auf dem Nonius geteilt.

Ergibt sich, daß der n -te Teilstrich des Nonius mit einem beliebigen Teilstrich des Teilkreises zusammenfällt, so ist der Noniusnullpunkt um n -Winkelminuten gegenüber der Hauptteilung des Teilkreises verschoben. In Abbildung 5 z.B. 9 Striche, was 9 Winkelminuten entspricht.

Man liest den Winkel einschließlich halber Winkelgrade an dem letzten vor dem Noniusnullpunkt liegenden Teilkreissteil ab und addiert so viele Winkelminuten dazu, wie man aus den Noniusteilstrichen ersieht. In der Abbildung 5 sind das 25° und 9 Winkelminuten.

Durchführung

Gitterspektrometer

Richten Sie das Fernrohr auf den Spalt und stellen Sie diesen scharf ein.

Stellen Sie den Halter mit dem Gitter auf den Tisch (8) .

Richten Sie das Gitter \perp zum Spalt aus.

Die Reflexionen des Spaltes müssen dafür in den Spalt zurückgeworfen werden.

Messen Sie die Winkelanzeige für die Linie 0-ter Ordnung (weiß). $\varphi_0 =$

Vermessen Sie die Winkel $\alpha = |\varphi - \varphi_0|$ der sichtbaren Spektrallinien einer He-Spektrallampe in der 1. Beugungsordnung.

Gitterkonstante: $b =$

i = intensiv s = schwach (Die Farbangaben sind subjektiv und können in dem Empfinden des Betrachters leicht variieren)

Farbe	Abgelesener Winkel φ / °	Winkel α / °	$\sin \alpha$	Wellenlänge λ / nm
i Blauviolett				
Violettblau				
Blaugrün				
i Seegrün				
Gelb				
i Rot				
s Rot				

Auswertung

Vergleichen Sie die ermittelten Werte der Spektrallinien mit Literaturwerten.

Bestimmen Sie den absoluten Fehler $\Delta \lambda$ und den relativen Fehler $\Delta \lambda / \lambda$.

Welchen Beugungswinkel α erhält man für die gelbe Linie in 2. Ordnung?

Wechseln Sie den Halter mit Gitter gegen den Halter mit Prisma.
 Bei dem verwendeten Prisma beträgt $\varepsilon = 60^\circ$.

Richten Sie das Fernrohr auf die gelbe Spektrallinie aus.

Drehen Sie das Prisma (an der Halterung !) bis diese Linie den minimalen Brechungswinkel annimmt.

Vermessen Sie die sichtbaren Spektrallinien.

Übernehmen Sie den Nullwinkel aus Aufgabenteil Gitterspektrometer: $\varphi_0 =$

i = intensiv s = schwach

Farbe	Abgelesener Winkel φ / ° ' "	Winkel δ_{\min} / °	Brechungsindex n
i Blauviolett			
Violettblau			
Blaugrün			
i Seegrün			
Gelb			
i Rot			
s Rot			

Bestimmen Sie die Brechungsindizes des Prismas mit den im Versuch Gitterspektrometer berechneten zugehörigen Wellenlängen.

Bestimmen Sie den Fehler Δn .

Zeichnen Sie die Dispersionskurve $n = f(\lambda)$.

Zeigt die Kurve normale, anomale oder keine Dispersion?
 Begründen Sie ihre Antwort.

Wie groß ist die Lichtgeschwindigkeit in dem Prisma für $\lambda = 500nm$.