

## Lichtbeugung und Lichtbrechung (BUB)

Themengebiet: Optik

In diesem Versuch werden die Beugung und die Brechung des Lichts untersucht. Beide Phänomene lassen sich zur räumlichen Trennung unterschiedlicher Wellenlängen in einem Lichtbündel verwenden. Für die Beschreibung der Beugung ist die Wellennatur des Lichts wichtige Voraussetzung. Dagegen ist für die Behandlung der Brechung die Annahme unterschiedlicher Brechungsindizes in unterschiedlichen Medien ausreichend.

### 1 Beugung

Im ersten Teil des Versuchs wird die Beugungseigenschaft des Lichts an Spalt und Gitter untersucht.

#### 1.1 Huygens-Prinzip

Liegt die lineare Ausdehnung von Körpern oder Öffnungen in der Größenordnung der Lichtwellenlänge, sind Beugungsphänomene beobachtbar. Die geometrische Optik, die für  $\lambda \rightarrow 0$  den Grenzfall der Wellenoptik bildet, ist dann nicht mehr anwendbar. Das Huygens-Prinzip dient als Grundlage für die mathematische Behandlung der Beugung: Jeder Punkt einer Wellenfront ist Ausgangspunkt einer Elementarwelle. Diese Elementarwellen interferieren.

Im vorliegenden Experiment werden einfallende und beobachtete Lichtbündel als parallel angenommen. D.h. man betrachtet die Beugungserscheinung in großer Entfernung vom beugenden Objekt (Fernfeld), man spricht dann von Fraunhoferscher Beugung.

#### 1.2 Beugungsbild des Gitters

Auf ein Gitter mit  $N$  Spalten, die den Abstand  $a$  voneinander haben (Abb. 1), trifft paralleles, monochromatisches Licht. Von jedem Spalt des Gitters breitet sich nun eine Elementarwelle in den Raum hinter dem Gitter aus. Betrachtet man das Gitter unter dem Winkel  $\alpha$  so besteht zwischen zwei Wellen, die von benachbarten Spalten ausgehen, ein Gangunterschied  $a \cdot \sin \alpha$ , und damit eine Phasendifferenz

$$\delta = 2\pi \frac{a}{\lambda} \sin \alpha. \quad (1)$$

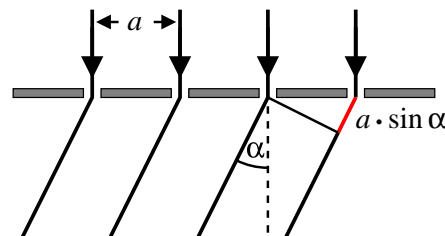


Abbildung 1: Beugung am Gitter. Man betrachtet den Gangunterschied der Elementarwellen, die von benachbarten Gitterspalten kommen.

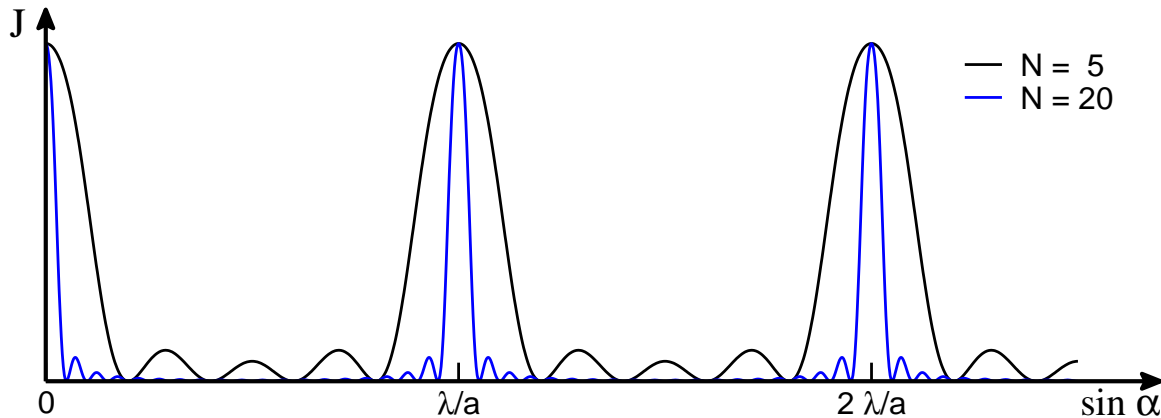


Abbildung 2: Beugungsbild eines Gitters für unterschiedliche Anzahl der Striche  $N = 5$  und  $N = 20$ . Zwischen den Hauptmaxima gibt es  $N - 1$  Minima und  $N - 2$  Nebenmaxima. Je höher die Strichzahl  $N$  ist, desto schärfer werden die Hauptmaxima.

Um die resultierende Amplitude der Lichtwelle in Beobachtungsrichtung zu erhalten, addiert man die Feldstärken der Einzelwellen auf:

$$E(\alpha) = \sum_{n=1}^N E' \cos(2\pi f \cdot t + n \cdot \delta) \quad (2)$$

$E'$  gibt hierbei die die Feldamplitude der Einzelwellen an,  $f$  ist die Frequenz des Lichts. Führt man die Summation in Gleichung 2 aus<sup>1</sup>, erhält man für die Feldamplitude

$$E \propto \frac{\sin(N\delta/2)}{\sin(\delta/2)} = \frac{\sin(\pi N \frac{a}{\lambda} \sin \alpha)}{\sin(\pi \frac{a}{\lambda} \sin \alpha)}. \quad (3)$$

Die Intensität  $J$  des Lichts ist proportional zum Quadrat der Feldamplitude:

$$J \propto \frac{\sin^2(N\delta/2)}{\sin^2(\delta/2)} = \frac{\sin^2(\pi N \frac{a}{\lambda} \sin \alpha)}{\sin^2(\pi \frac{a}{\lambda} \sin \alpha)}. \quad (4)$$

Die Hauptmaxima der Intensität erhält man dort, wo in Gleichung 4 der Nenner verschwindet. An diesen Positionen ist der Gangunterschied zweier benachbarter Teilwellen gerade ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge  $\lambda$ . Zwischen zwei Hauptmaxima gibt es  $N - 1$  Minima.

$$\text{Hauptmaxima} \quad n \cdot \lambda = a \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

$$\text{Minima} \quad n \cdot \lambda = N \cdot a \cdot \sin \alpha. \quad (6)$$

In Abbildung 2 ist das Beugungsbild für zwei verschiedene Strichzahlen  $N = 5$  und  $N = 20$  dargestellt. Mit ansteigender Strichzahl  $N$  werden die Hauptmaxima schärfer.

### 1.3 Beugung am Spalt

Einen Spalt der Breite  $d$ , der durch ein Parallelbündel beleuchtet wird, kann man als ein Gitter aus unendlich vielen und unendlich dichten Strichen auffassen. Für den Strichabstand  $a$  und die Anzahl der

<sup>1</sup>Dies ist eine längere Rechnung, die hier nicht vorgeführt werden soll.

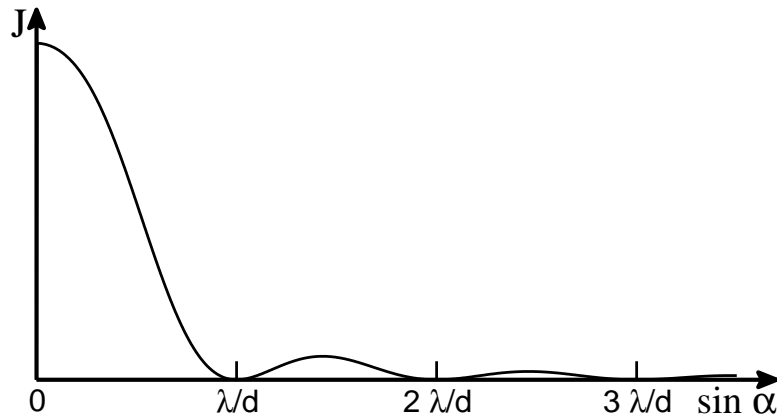


Abbildung 3: Beugungsbild eines Spalts. Der Verlauf entspricht einer  $(\sin(x)/x)^2$ -Funktion. Außerhalb des Hauptmaximums fällt die Intensität schnell ab.

Striche  $N$  muss dabei  $N \cdot a = d$  gelten. Für die Intensitätsverteilung ändert sich dann die Gleichung 4 in

$$J \propto \left( \frac{\sin(\pi \frac{d}{\lambda} \cdot \sin \alpha)}{\pi \frac{d}{\lambda} \cdot \sin \alpha} \right)^2 \quad (7)$$

Im Gegensatz zum Gitter nehmen die Beugungsmaxima sehr schnell an Höhe ab (Abb. 3). So hat das erste Nebenmaximum nur noch etwa 5% der Intensität des Hauptmaximums.

Minima der Intensität gibt es immer dann, wenn der Zähler in Gleichung (7) verschwindet. Die Maxima liegen näherungsweise in der Mitte zwischen den Minima. Man nummeriert die Maxima und Minima beginnend mit  $n = 0$  für den ungebeugten Strahl durch.  $n$  wird als Ordnung bezeichnet. Es ergeben sich dann die Bedingungen

$$n \cdot \lambda = d \cdot \sin \alpha \quad \text{für Minima} \quad (8)$$

$$(n + 1/2) \cdot \lambda \approx d \cdot \sin \alpha \quad \text{für Maxima.} \quad (9)$$

#### 1.4 Das reale Gitter

Bei der Betrachtung des Gitters in Abschnitt 1.2 wurde angenommen, dass von den Gitterspalten „einzelne“ Kugelwellen ausgehen. Für ein reales Gitter muss jedoch die endliche Ausdehnung  $d$  der Gitterspalte berücksichtigt werden. Dadurch ist das Beugungsbild eines realen Gitters die Überlagerung der Beugungsbilder des idealen Gitters. Für die Intensitätsverteilung ergibt sich demnach mit den Gleichungen (4) und (7)

$$J \propto \underbrace{\left( \frac{\sin(\pi \frac{d}{\lambda} \cdot \sin \alpha)}{\pi \frac{d}{\lambda} \cdot \sin \alpha} \right)^2}_{\text{Spalteinfluss}} \cdot \underbrace{\left( \frac{\sin(\pi N \frac{a}{\lambda} \sin \alpha)}{\sin(\pi \frac{a}{\lambda} \sin \alpha)} \right)^2}_{\text{Gittereinfluss}} \quad (10)$$

Das resultierende Beugungsbild eines realen Gitters ist in Abbildung 4 dargestellt.

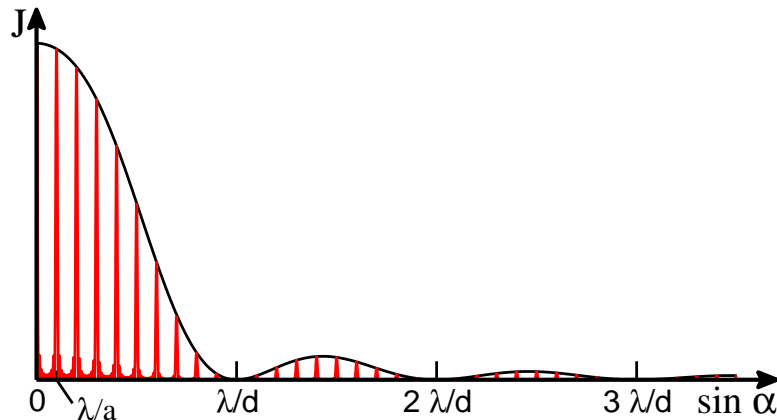


Abbildung 4: Beugungsbild eines realen Gitters. Die Hauptmaxima des idealen Gitters sind mit der Intensitätsverteilung des Spaltes moduliert. Je breiter das Hauptmaxima des Spaltes, desto mehr Maxima des Gitters sind sichtbar. Außerhalb des Hauptmaximums des Spaltes wird die Intensität sehr klein.

## 1.5 Barbinetsches Prinzip

## 1.6 Auflösungsvermögen optischer Instrumente

### Spektrale Auflösung

Wegen der Wellenlängen-Abhängigkeit der Beugungsrichtungen eignet sich das Gitter zur Spektralanalyse des Lichts (Gitterspektrometer). Unter dem Auflösungsvermögen  $U = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}$  eines Gitterspektrometers versteht man dessen Fähigkeit, zwei benachbarte Wellenlängen,  $\lambda$  und  $\lambda + \Delta\lambda$ , noch erkenntlich zu trennen. Dies ist erreicht, wenn das Beugungsmaximum der Wellenlänge  $\lambda$  in das Minimum der Wellenlänge  $\lambda + \Delta\lambda$  fällt. Für das Gitterspektrometer ergibt sich dann

$$U = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = n \cdot N \quad (11)$$

Das Auflösungsvermögen steigt also mit der Ordnungszahl  $n$  und der Zahl der vom Licht durchsetzten Gitterstriche  $N$ .

### Ortsauflösung

Jedes optische Instrument (Fernrohr, Mikroskop usw.) besitzt ein Auflösungsvermögen  $A$ . Es beschreibt, welchen minimalen Abstand zwei Punkte, die Licht der Wellenlänge  $\lambda$  aussenden, voneinander haben müssen, damit sie getrennt beobachtet werden können. Die Beugung ist für einen endlichen Wert des Auflösungsvermögens verantwortlich. An vielen Stellen des Instruments, z.B. an der Linsenfassung eines Fernrohrs, wird das einfallende Licht gebeugt. Ein Lichtpunkt wird dadurch in ein sogenanntes „Beugungsscheibchen“ abgebildet und somit unscharf. Durch Vergrößern des Objektivdurchmessers kann man diese „Randeffekte“ reduzieren. Außerdem nimmt die Größe des „Beugungsscheibchens“ mit kleiner werdender Wellenlänge ab. Das Auflösungsvermögen eines optischen Geräts ist daher proportional  $A \propto D/\lambda$ , wobei  $D$  für den Durchmesser der jeweiligen Objektivlinse steht.

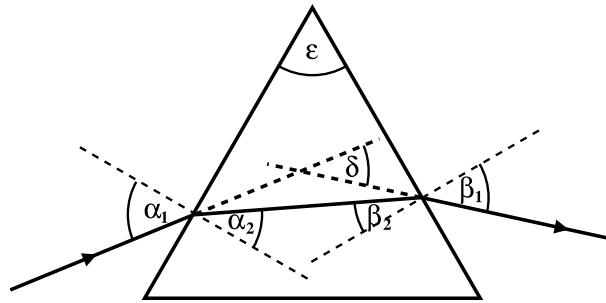


Abbildung 5: Strahlengang durch ein Prisma. Wichtige Größen sind der brechende Winkel  $\epsilon$ , der Einfallswinkel  $\alpha_1$ , der Austrittswinkel  $\beta_1$  und der Winkel der Gesamtablenkung  $\delta = \alpha_1 + \beta_1 - \epsilon$

## 2 Brechung

Um die Lichtbrechung zu erklären, ist die Welleneigenschaft des Lichts nicht erforderlich. Hier genügt es anzunehmen, dass sich Licht in verschiedenen Medien mit unterschiedlicher Geschwindigkeit ausbreitet. Diese Ausbreitungsgeschwindigkeit kann je nach Material von der Wellenlänge des Lichts abhängen (Dispersion).

### 2.1 Brechungsindex und Winkel der Minimalablenkung

Licht breitet sich in einem Medium mit der Geschwindigkeit  $c_m$  aus. Der Brechungsindex  $n$  gibt das Verhältnis dieser Geschwindigkeit zur Lichtgeschwindigkeit  $c$  im Vakuum an:

$$n = \frac{c}{c_m} \quad (12)$$

Der Brechungsindex  $n$  hängt von der Wellenlänge und dem jeweiligen Material ab. Beim Übergang von einem Medium 1 mit Brechungsindex  $n_1$  in ein Medium 2 mit Brechungsindex  $n_2$  tritt Brechung auf, d.h. Die Ausbreitungsrichtung des Lichts ändert sich. Nach dem Snellius'schen Brechungsgesetz gilt:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{c_1}{c_2} \quad (13)$$

Darin bedeuten  $\alpha_1$  den Einfallswinkel (gegen das Lot) eines Lichtstrahls im Medium 1 und  $\alpha_2$  den Austrittswinkel des Lichtstrahls im Medium 2.  $c_{1,2}$  sind die Lichtgeschwindigkeiten in den entsprechenden Medien.

Eine Möglichkeit, den Brechungsindex (bei vorgegebener Wellenlänge) für ein bestimmtes Material zu ermitteln, ergibt sich aus dem sogenannten „Winkel der minimalen Ablenkung“ eines Prismas. Wir betrachten hierfür den Strahlengang durch ein Prisma nach Abb. 5. Der Ablenkwinkel  $\delta$  ist eine Funktion von  $n$ ,  $\alpha_1$  und  $\epsilon$ . Die kleinstmögliche Ablenkung  $\delta_{\min}$  („Winkel der minimalen Ablenkung“) ergibt sich dann, wenn der Strahlengang durch das Prisma symmetrisch ist, also  $\alpha_1 = \beta_1$ .

Für den Brechungsindex gilt dann (ohne Ableitung)

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\delta_{\min} + \epsilon}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\epsilon}{2}\right)} \quad (14)$$

Durch Messung von  $\delta_{\min}$  und  $\epsilon$  lässt sich so bei vorgegebener Wellenlänge der Brechungsindex des Prismenmaterials ermitteln.

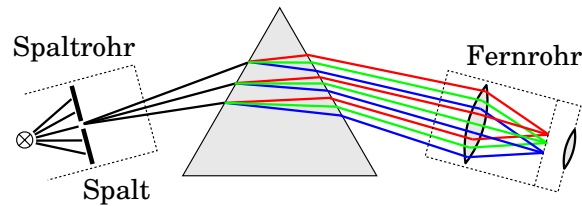


Abbildung 6: Aufbau eines Prismenspektroskops für sichtbares Licht. Das Licht fällt durch einen Spalt auf das Prisma. Wegen der Dispersion werden unterschiedliche Wellenlängen unterschiedlich gebrochen. Die Bilder des Spaltes erscheinen dann im Fernrohr für unterschiedliche Wellenlängen unter unterschiedlichen Winkeln.

## 2.2 Aufbau des Prismenspektroskops

Der Aufbau eines Prismenspektroskops ist in der Abbildung 6 dargestellt. Das Kernbauteil ist das Prisma aus einem lichtbrechendem Stoff. Es hat zwei polierte Flächen, die vom Licht durchstrahlt werden. Sie schließen den Winkel  $\epsilon$  ein. Das von der Lichtquelle ausgehende Licht fällt auf den Eintrittsspalt. Beim Durchgang durch das Prisma wird es um einen definierten Winkel abgelenkt. In Richtung des abgelenkten Lichtbündels kann man durch das Fernrohr ein scharfes Bild des Spaltes beobachten.

Der Winkel, um den das Licht abgelenkt wird, variiert aufgrund der Dispersion des Prismenmaterials mit der Lichtwellenlänge. Für jede Wellenlänge ergibt sich so ein Bild des Spaltes. Diese Spaltbilder erscheinen im Teleskop gegeneinander seitlich verschoben.

(Anmerkung: Im Idealfall trifft das einfallende Licht parallel auf das Prisma. Dies ließe sich durch eine Sammellinse, deren Brennpunkt im Spalt liegt, erreichen. Dies ist in diesem Versuch jedoch nicht realisiert.)

## 3 Aufgaben

### 3.1 Bestimmung der Breite eines Spaltes

Durch Beugung am Spalt wird die Breite eines Spaltes bestimmt. Als Lichtquelle dient ein grüner Laser mit der Wellenlänge  $\lambda = (532 \pm 1)$  nm.

#### 3.1.1 Versuchsdurchführung

Mit dem Laser wird der Spalt möglichst gleichmäßig ausgeleuchtet. Das Lichtbündel des Lasers kann hierbei als parallel angenommen werden. Das vom Spalt erzeugte Beugungsbild wird im Abstand  $l$  hinter dem Spalt am Schirm betrachtet. Als Schirm dient ein transparenter Papierstreifen, der an einer Halterung befestigt wird.

1. Stellen sie drei unterschiedliche Längen ( $l_1, l_2, l_3$ ) vom Spalt zum Schirm ein. Achten Sie darauf, dass die von Ihnen gewählten Längen möglichst unterschiedlich sind.
2. Messen Sie für jeden dieser Längen jeweils die Abstände der Minima gleicher Ordnung auf beiden Seiten des 0ten Maximums. Nehmen Sie die Abstände der Minima für möglichst viele Ordnungen auf, mindestens jedoch bis zum Minimum 5ter Ordnung.
3. Dokumentieren Sie alle für die Auswertung und die Fehlerrechnung nötigen Größen

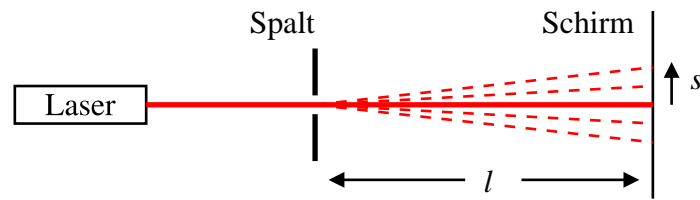


Abbildung 7: Versuchsaufbau am Spalt. Der Spalt wird mit einem Laser beleuchtet. In einem Abstand  $l$  hinter dem Spalt befindet sich ein Schirm, auf dem das Beugungsbild beobachtet wird.

### 3.1.2 Auswertung

Gleichung 8 verknüpft die Wellenlänge mit dem Beugungswinkel  $\alpha$  der gemessenen Minima. Der Winkel ergibt sich aus den gemessenen Größen zu

$$\tan \alpha = \frac{s}{l} \quad (15)$$

1. Zeigen Sie, dass die Kleinwinkelnäherung ( $\alpha \simeq \sin \alpha \simeq \tan \alpha$ ) in diesem Versuch eine sinnvolle Näherung ist.
2. Tragen Sie alle Ihre Einzelmessungen in einem Diagramm  $\frac{s}{l}$  gegen die Beugungsordnung  $n$  auf.
3. Ermitteln Sie die Steigung der resultierenden Ausgleichsgerade sowie deren Unsicherheit.
4. Ermitteln Sie die Spaltbreite  $d$  durch Einsetzen der Steigung in Gleichung 8.
5. Führen Sie eine Fehlerrechnung durch. Welche Unsicherheiten der Messgrößen müssen berücksichtigt werden? Welche Beiträge überwiegen? Begründen Sie alle von Ihnen abgeschätzten Unsicherheiten kurz. Achten Sie darauf, dass keine Unsicherheiten mehrfach einfließen.

## 3.2 Wellenlängenbestimmung am Gitter

Die Wellenlängen der orangen, grünen und blauen Hg-Linie sollen durch Beugung am Gitter bestimmt werden.

### 3.2.1 Versuchsdurchführung

Eine Hg-Dampflampe emittiert einen Lichtkegel, aus dem durch einen 0.5 mm breiten Spalt ein annähernd paralleles Lichtbündel ausgeschnitten wird. Dieses Lichtbündel wird mittels zweier Linsen (warum 2 Linsen?) aufgeweitet und auf einen transparenten Papierstreifen fokussiert. Im Strahlengang befindet sich ein optisches Gitter, an dem das Licht beim Durchtritt gebeugt wird. Die Beugungerscheinungen werden mit bloßem Auge von der Rückseite des Papierstreifens beobachtet (Abb. 8). Das hier verwendete Gitter hat eine Gitterkonstante  $a = 10,00 \mu\text{m}$  mit einer Toleranz von  $\pm 0.2\%$ .

1. Stellen Sie die Linsen so ein, dass das gesamte Gitter möglichst hell ausgeleuchtet ist und gleichzeitig der Spalt scharf auf das Papier abgebildet wird. Justieren Sie die Höhe aller optischen Komponenten so, dass sie in einer Ebene liegen. Positionieren Sie die 2. Linse möglichst nah am Gitter um es gut auszuleuchten.
2. Wählen Sie den Abstand  $l_1$  zwischen Gitter und Papierstreifen so, dass die ersten fünf Ordnungen gut sichtbar sind. Markieren Sie für diesen Abstand  $l_1$  die Maxima bis zur 5. Ordnung auf beiden Seiten für die 3 hellsten Farben orange, grün, blau. Verwenden Sie den blauen Filter, um die schwachen blauen Maxima besser ablesen zu können.

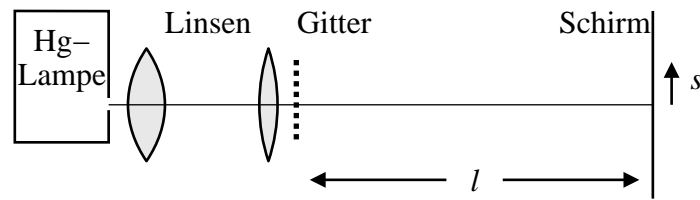


Abbildung 8: Versuchsaufbau am Gitter. Der beleuchtete Spalt wird mit zwei Linsen auf den Schirm abgebildet. Durch das Gitter direkt hinter der zweiten Linse entsteht dann das Beugungsbild.

3. Wiederholen Sie die Messungen für insgesamt zwei weitere Abstände  $l_2$  und  $l_3$ , (jeweils neuer Papierstreifen, bzw. Papierstreifen in der Höhe verschieben) wobei jetzt 4 Ordnungen ausreichen. Stellen Sie für jeden Abstand das Linsensystem so ein, dass der Spalt wieder scharf abgebildet wird.
4. Dokumentieren Sie alle für die Auswertung und für die Fehlerrechnung notwendigen Größen.

### 3.2.2 Auswertung

Der Winkel unter dem die Beugungsordnungen  $n$  beobachtet werden, ergibt sich aus der Auslenkung auf dem Papierstreifen zu

$$\tan \alpha = \frac{s}{l} \quad (16)$$

Der Zusammenhang zwischen diesem Winkel und der Wellenlänge ist durch die Gleichung 5 beschrieben.

1. Zeigen Sie, dass die Kleinwinkelnäherung für die Bestimmung der Beugung am Gitter zu ungenau ist.
2. Tragen Sie für jede Farbe getrennt alle Einzelmessergebnisse in einem Diagramm  $\sin(\arctan(\frac{s}{l}))$  gegen die Beugungsordnung  $n$  auf (nicht erst den Mittelwert bilden).
3. Ermitteln Sie die Steigung der resultierenden Ausgleichsgerade sowie deren Unsicherheit für jede Farbe. Gehen Ihre Geraden durch den Nullpunkt?
4. Ermitteln Sie  $\lambda$  für jede Farbe.
5. Führen Sie eine ausführliche Fehlerrechnung durch. Welche Unsicherheiten müssen für die Messgrößen berücksichtigt werden? Welche Unsicherheiten überwiegen? Begründen Sie alle von Ihnen abgeschätzten Unsicherheiten kurz. Achten Sie darauf, dass keine Unsicherheiten mehrfach einfließen.
6. Überprüfen Sie, ob Ihr Messergebnis innerhalb der Unsicherheit mit den Literaturwerten für die Wellenlängen der einzelnen Farben übereinstimmt.

### 3.3 Untersuchungen am Prismenspektroskop

Für die Wellenlängen der orangenen, grünen und blauen Hg-Linie wird der Brechungsindex  $n$  des verwendeten Prismenmaterials bestimmt. Danach werden zwei Wellenlängen einer unbekanntes Spektrallampe durch Interpolation der vorher gewonnenen Brechungsindizes bestimmt.



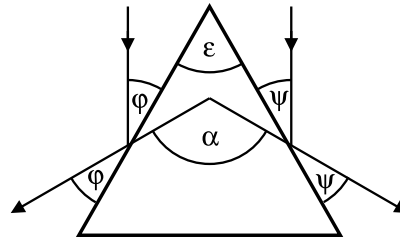


Abbildung 9: Bestimmung des Prismenwinkels. Die Spitze des Prismas zeigt in Richtung der Lichtquelle. Die Winkel der Reflexionen auf beiden Seiten des Prismas werden gemessen.

### 3.3.1 Versuchsdurchführung

Das zu untersuchende Licht trifft durch einen variabel einstellbaren Spalt auf das Prisma. Das Prisma ist auf einer drehbaren Halterung angebracht, sie kann mit einer Feststellschraube arretiert werden. An dieser Halterung ist eine Winkelskala angebracht, die sich mit der Halterung dreht. Ein Fernrohr kann unabhängig von der Stellung der Prismenhalterung um die Anordnung herum bewegt werden. Die relative Stellung des Fernrohrs zur Prismenhalterung kann mit einem Nonius auf einer Winkelskala abgelesen werden.

#### Bestimmung des Prismenwinkels $\epsilon$ :

1. Richten sie nach Abbildung 9 die Schnittkante der beiden polierten Prismenflächen in Richtung des Spalts aus. In dieser Stellung ist die Prismenhalterung mit der Feststellschraube zu arretieren.
2. Betrachten sie diese Reflexionen an den beiden polierten Prismenflächen dem mit dem Fernrohr.
  - Stellen Sie zunächst die Beobachtungsrichtung des Fernrohrs grob auf den Reflex ein.
  - Stellen Sie das Bild des Spalts im Fernrohr durch verschieben des Okulars scharf. Um eine möglichst genaue Messung vornehmen zu können kann nun die Spaltbreite verkleinert werden bis die Scharten des Spalts zu sehen sind.
  - Richten Sie nun das Fernrohr mit Hilfe des eingebauten Fadenkreuzes exakt auf die Reflexion des Lichts aus dem Spalt aus und lesen Sie den Relativwinkel zur Prismenhalterung in dieser Fernrohrposition ab.
  - Wiederholen sie diesen Messvorgang mit dem zweiten Reflex auf der anderen Seite des Prismas. Achten Sie hierbei darauf, dass die Prismenhalterung arretiert bleibt.
3. Der Winkel  $\alpha$  ergibt sich aus der Differenz der abgelesenen Winkel, der gesuchte Prismenwinkel ist dann:

$$\epsilon = \varphi + \psi = \frac{\alpha}{2} \quad (17)$$

#### Bestimmung des Winkels der minimalen Ablenkung:

1. Verwenden Sie als Lichtquelle zunächst die Hg-Spektrallampe.
2. Drehen Sie das Prisma so, dass das Licht, das an einer der polierten Seiten gebrochen wird an der zweiten polierten Seite wieder austritt. Orientieren Sie sich an Abbildung 6.

Hierbei ist es sinnvoll, den Spalt zunächst wieder etwas zu öffnen und mit einem Papier (z.B. dieser Praktikumsanleitung), das man als Schirm verwendet, das gebrochene Lichtbündel zu beobachten. Ist das Prisma richtig ausgerichtet, kann man auf dem Papier bereits die Spektralfarben erkennen.

3. Richten Sie nun das Teleskop auf das gebrochene Lichtbündel aus. Wie in der vorherigen Aufgabe stellt man nun das Teleskop scharf und reduziert die Spaltbreite. Hierbei sollten die beiden orangen Spektrallinien der Hg-Lampe klar voneinander zu unterscheiden sein.
4. Ermitteln Sie nun den Winkel der minimalen Ablenkung für die orange (eine der beiden), die grüne und die blaue Spektrallinie der Hg-Dampflampe.
  - Blicken Sie hierzu blickt durch das Fernrohr und drehen gleichzeitig die Halterung des Prismas. Die Spektrallinien bewegen sich mit dem Prisma. Diese Bewegung hat einen Extrempunkt, d.h. sie dreht sich um. Dieser Umkehrpunkt unterscheidet sich natürlich für die verschiedenen Spektralfarben. Arretieren Sie die ie Stellung des Prismenhalters, bei der sich die beobachtete Spektrallinie exakt im Umkehrpunkt befindet mit der Feststellschraube.
  - Richten Sie dann das Fernrohr mit Hilfe des Fadenkreuzes genau auf die Spektrallinie aus und lesen Sie den eingestellten Winkel auf der Skala ab.
  - Da es sich bei dem abgelesenen Winkel nur um einen Relativwinkel handelt, müssen Sie noch die Richtung des eintretenden Lichtbündels bestimmen. Nehmen Sie hierzu wird das Prisma vorsichtig aus seiner Halterung (nicht auf die polierten Flächen fassen!). Richten Sie das Fernrohr wird auf den Spalt aus und lesen den der zugehörige Winkel ab. Auch dies muss für jede Spektralfarbe separat durchgeführt werden, da man die Winkelskala zusammen mit dem Prisma verdreht.
  - Der Ablenkwinkel ergibt sich aus der Differenz der beiden abgelesenen Winkel.
5. Bestimmen Sie den Winkel der kleinsten Ablenkung auch für zwei weitere Spektrallinien (beliebige Wahl) der unbekanntes Spektrallampe.

### 3.3.2 Auswertung

1. Berechnen Sie aus den Winkeln der beiden reflektierten Strahlen (Vorversuch) den Winkel der brechenden Kante des Prismas.
2. Bestimmen Sie aus den „Winkeln der minimalen Ablenkung“ die Brechzahlen für die gemessenen Wellenlängen der Hg-Spektrallampe. Verwenden Sie dabei die Literaturwerte der Wellenlängen.
3. Bestimmen Sie die Unsicherheit der Brechzahlen.
4. Tragen Sie das Ergebnis mit Fehlerbalken graphisch auf. Ist die resultierende Funktion innerhalb der Unsicherheiten linear?
5. Bestimmen Sie aus den „Winkeln der minimalen Ablenkung“ die Wellenlänge der Spektrallinien (blau, grün, orange, stärkste rote) der Energiesparlampe. (ohne Fehlerrechnung)

## 4 Fragen

1. Mit welcher Lichtquelle lassen sich Interferenzerscheinungen am besten demonstrieren und warum?

2. Treten Beugungserscheinungen nur an Objekten auf, deren Abmessung in der Größenordnung der Lichtwelle liegt (erster Satz in 1.1)?
3. Wodurch kann das Auflösungsvermögen eines Prismenspektrometers in der Praxis begrenzt sein?
4. Was versteht man unter Dispersion?
5. Nimmt der Brechungsindex von Flintglas vom roten zum blauen Spektralbereich zu oder ab?
6. Ist der Verlauf der Funktion  $n(\lambda)$  linear?