

## TUM Science Labs



### Beugung und Brechung

Versuch im Physikalischen Praktikum des Mathematik/Informatik-Gebäudes



*Schüler-Skript und Versuchsanleitung*

Bearbeitet von Sheila Sabock, Andrea Bugl, Dr. Werner Lorbeer

Stand 17.01.2013

## Inhaltsverzeichnis

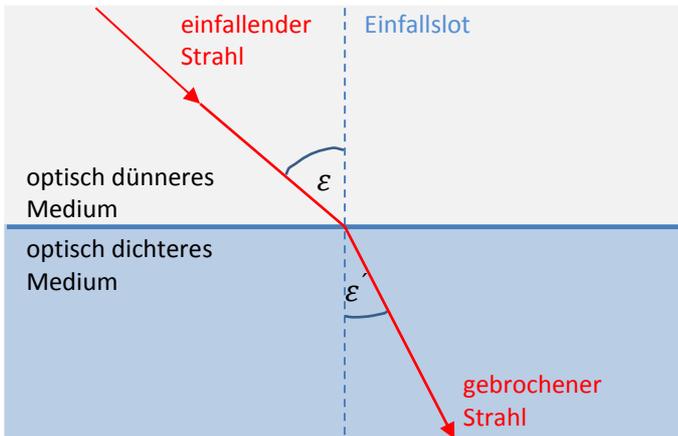
<b>1</b>	<b>Vorwissen .....</b>	<b>3</b>
1.1	Brechung.....	3
1.2	Beugung.....	3
1.3	Spektroskopie .....	4
1.4	Überlegungsaufgaben .....	4
1.5	Rechercheaufgaben.....	4
<b>2</b>	<b>Grundlagen von Beugung und Brechung .....</b>	<b>5</b>
2.1	Beugung.....	5
2.1.1	Das theoretische Modell der Beugung: Das Huygensche Prinzip .....	5
2.1.2	Beugung am Gitter .....	5
2.1.3	Beugung am Spalt.....	6
2.2	Brechung.....	7
2.2.1	Lichtbrechung und Dispersion $n(\lambda)$ .....	7
2.2.2	Bestimmung der Brechzahl eines Dreiecksprismas .....	7
<b>3</b>	<b>Versuche .....</b>	<b>8</b>
3.1	Wellenlängenbestimmung durch Beugung am Spalt .....	8
3.1.1	Versuchsaufbau.....	8
3.1.2	Versuchsdurchführung.....	8
3.1.3	Versuchsauswertung.....	8
3.2	Wellenlängenbestimmung durch Beugung am Gitter.....	9
3.2.1	Versuchsaufbau.....	9
3.2.2	Versuchsdurchführung.....	9
3.2.3	Versuchsauswertung.....	10
3.3	Bestimmung des Brechungsindex mit einem Prismenspektroskop .....	10
3.3.1	Versuchsaufbau.....	10
3.3.2	Versuchsdurchführung.....	11
3.3.3	Versuchsauswertung.....	12

# 1 Vorwissen

Vorüberlegungen

## 1.1 Brechung

Der Lichtstrahl erfährt an der Grenze von Medien, z.B. zwischen Luft und Glas oder zwischen Luft und Wasser Lichtbrechung oder Totalreflexion. Bereits im 16. Jhdt. fasste der Niederländer Snellius die Beobachtungen in einem Gesetz zusammen. Für den Übergang vom optisch dünneren zum optisch dichten Medium gilt nach Snellius das Brechungsgesetz:



**Brechungsgesetz**  $\frac{\sin \varepsilon}{\sin \varepsilon'} = n$

Einfallswinkel  $\varepsilon$ ,

Ausfallswinkel  $\varepsilon'$ ,

Brechungsindex  $n$

Abbildung 1 Lichtbrechung

Beim Übergang vom optisch dichten ins optisch dünne Medium kann Totalreflexion an der Grenzfläche eintreten. Der Strahl wird dann ins Medium zurückreflektiert und tritt nicht aus. Für Glas mit  $n = 1,3$  ist dies bei einem Winkel von  $50,2^\circ$  der Fall. Die Totalreflexion beim Übergang vom optisch dichten ins optisch dünnen Medium ist die physikalische Grundlage für das Glasfaserkabel, siehe Abb. 2 und 3.

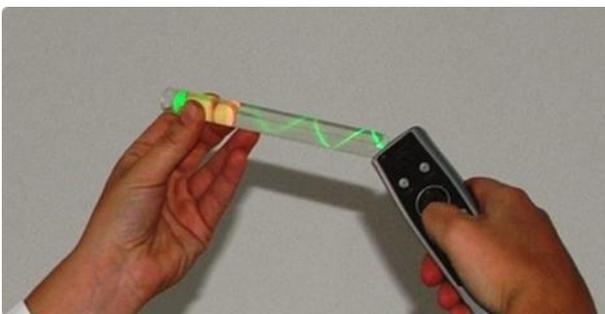


Abbildung 2 Laserstrahl ZickZack im Reagenzglas



Abbildung 3 Glasfaser

## 1.2 Beugung

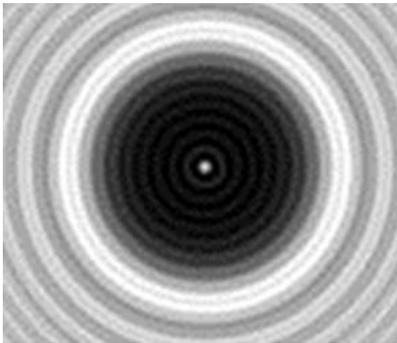
Das Phänomen der Lichtbeugung war vor der Erfindung der Laserlichtquelle kaum öffentlich bekannt. Trifft ein Laserstrahl auf eine Kante oder einen schmalen Spalt so sieht man dahinter nicht wie erwartet den Objektschatten sondern ein Interferenzfeld, bestehend aus vielen Lichtpunkten. Diese Beobachtung versteht man nur, wenn man die Theorie vom Licht als Strahl durch die Theorie vom Licht als Welle ersetzt. Denn Wellen haben die zur Erklärung der Interferenz nötigen Eigenschaften. Sie können sich überlagern und dabei auslöschen, wenn Wellenberg auf Wellental trifft. Oder sie können sich



Abbildung 4 Ausbreitung und Überlagerung von Kugelwellen

verstärken, wenn zwei phasengleiche Wellen zusammentreffen.

Diese Überlagerungserscheinung nennt man Interferenz.



Die grundlegende Vorstellung ist, dass von jedem Punkt der Lichtwelle wiederum eine Kugelwelle ausgeht (Huygensches Prinzip) und sich die Welle so fortpflanzt. Wissenschaftsgeschichtlich war der Übergang von der älteren Lichtstrahl-Theorie zur Wellentheorie des Lichts eine Revolution. Abbildung 5 zeigt das Interferenzfeld eines Laser-Lichtstrahls hinter einer kleinen Scheibe. In der Mitte müsste nach der Theorie des Lichtstrahls Schatten sein. Wir beobachten aber stattdessen einen kleinen hellen Fleck, den Poissonschen Fleck, der sich nur durch die Überlagerung von Kugelwellen erklären lässt.

Abbildung 5 Interferenzringe und Poissonscher Fleck

### 1.3 Spektroskopie

Weißes Licht ist eine subjektive Erfahrung, eine Interpretationsleistung des Gehirns. Aus physikalischer Sicht ist weißes Licht eine Farbmischung, die aus elektromagnetischen Schwingungen verschiedener Wellenlängen besteht. Die Aufspaltung von Licht in sein Spektrum und die Messung der Wellenlängen der Farben ist die Aufgabe der *Spektroskopie*.

Spektroskope lassen sich sowohl auf der Grundlage der Lichtbeugung (Versuch 3.1. und 3.2) als auch der Lichtbrechung (Versuch 3.3) konstruieren. In den Versuchen werden drei Linien des Licht-Fingerabdrucks des Elements Quecksilber vermessen.

### 1.4 Überlegungsaufgaben

1. Du hast zwei verschiedene rote Lichtzeiger. Wie kann man durch einen Test herausbekommen, ob ein Laser-Lichtzeiger dabei ist?
2. Licht bewegt sich im Vakuum mit Lichtgeschwindigkeit  $c$ . Ein gängiger roter Laser emittiert ein Rot mit der Wellenlänge von 632,8 nm. In welchem Zeitraum  $T$  folgt ein Schwingungsmaximum auf das andere?
3. In welchem Winkel (= welche Phase  $\varphi$ ) muss man Sinus-Wellenzüge gegeneinander verschieben, damit sie sich in der Summe zu 0 ergänzen. Als Formel muss dann gelten:  $\sin(x) + \sin(x + \varphi) = 0$ . Du kannst das mit einem Funktionsplotter ausprobieren.

### 1.5 Rechercheaufgaben

Schlage bei Wikipedia.de, bei Leifiphysik.de oder im Physiklexikon nach:

1. Fertige eine Zeichnung an, der man die Definitionen folgender Begriffe entnehmen kann: Einfallslot, Einfallswinkel, Ausfallswinkel, Reflexionswinkel, Brechungsindex.
2. Suche Unterscheidungskriterien für Laserlicht und Licht einer Glühlampe.
3. In welchem Wellenlängenbereich liegt sichtbares Licht? Welche Tiere nutzen den UV Bereich des Spektrums und welche den IR Bereich?
4. Wie sieht das Laser-Warnzeichen aus? Welche Gefahr geht von Lasern aus?

## 2 Grundlagen von Beugung und Brechung

Theoretisches Konzept

In diesem Versuch werden Beugung und Brechung von Licht untersucht. Beide Phänomene lassen sich zur räumlichen Trennung unterschiedlicher Wellenlängen eines Lichtbündels verwenden. Für die Beschreibung der Beugung ist die Wellennatur des Lichts wichtige Voraussetzung. Dagegen ist für die Behandlung der Brechung die Annahme unterschiedlicher Brechungsindexe für verschiedene Farben und somit die geometrische Optik ausreichend.

### 2.1 Beugung

Die Beobachtung von Lichtbeugung an Drähten, Spalten oder Lochblenden brachte geschichtlich das Modell des Lichts als Lichtstrahl an seine Grenzen. Die erfolgreiche geometrische Optik, mit der es möglich war Lochkamera, Lupe, Mikroskop und Fernglas zu verstehen, konnte das Phänomen der Beugung und des begrenzten Auflösungsvermögens von Mikroskop und Fernglas aber nicht deuten und musste durch die Theorie der Huygenschen Elementarwelle verbessert werden.

#### 2.1.1 Das theoretische Modell der Beugung: Das Huygensche Prinzip

Huygens glaubte, dass das Licht besser durch fortlaufende Wellen beschrieben werden könne. Von jedem Punkt einer Wellenfront geht seiner Vorstellung nach eine kreisförmige Elementarwelle aus. Die Überlagerung von gleichphasigen Elementarwellen bringt die fortlaufende ebene Wellenfront zustande, die in dieser Theorie den Lichtstrahl ersetzt. Ein Punkt P des Raumes, über den die Welle hinweg streicht erfährt somit wechselnde Amplituden des Lichts und kann lokal durch den Term  $A(t) = A_0 \sin(2\pi f \cdot t)$  beschrieben werden.  $A_0$  ist die Amplitude der Schwingung, ein Maß für die Intensität des Lichts, und  $f$  seine Frequenz oder Farbe.

#### 2.1.2 Beugung am Gitter

Trifft die kohärente (gleichphasige) und monochromatische Wellenfront eines Lichtbündels auf ein Gitter, so geht von jedem Zwischengitterpunkt eine Elementarwelle aus. Die Elementarwellen überlagern sich im Raum hinter dem Gitter zu einem Interferenzfeld. Ob an dem Punkt P Helligkeit oder Dunkelheit herrscht hängt davon ab, wie sich die sinusförmigen Wellenzüge, die von jedem Gitterzwischenraum ausgehen, an diesem Ort überlagern.

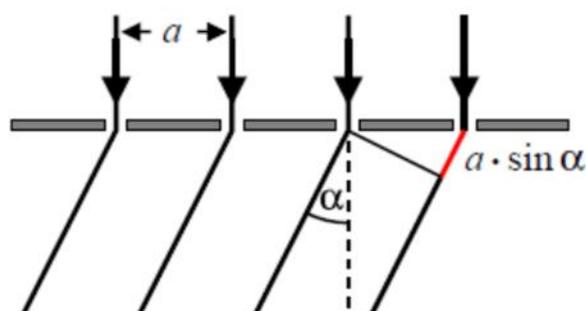


Abbildung 6 Gangunterschied zweier benachbarter Gitterspalten

Bei einem Gangunterschied  $\Delta s$  von  $\Delta s = k \cdot \lambda$ ,  $k = 0, 1, 2, \dots$  im Punkt P hinter dem Gitter zeigt sich dort Helligkeit (konstruktive Interferenz), weil sich die Wellenzüge gleichphasig überlagern. Ist dagegen der Gangunterschied  $\Delta s = (2k - 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$ ,  $k = 1, 2, 3, \dots$  in P, so ist es dort dunkel (destruktive Interferenz), denn die Summe der Amplituden ist 0. D.h. die Wellen löschen gegenseitig aus.

Am Schirm hinter dem Strichgitter ergibt sich das typische Interferenzmuster der Spektrallinien.

Das hellste Maximum, das Maximum 0-ter Ordnung liegt auf der optischen Achse der Anordnung. Die Maxima 1-ter, 2-ter, etc. Ordnung findet man symmetrisch links und rechts daneben. Dazwischen liegen die Minima, die ebenfalls durchnummeriert werden. ( $k$  ist auch Ordnungszahl der Maxima).

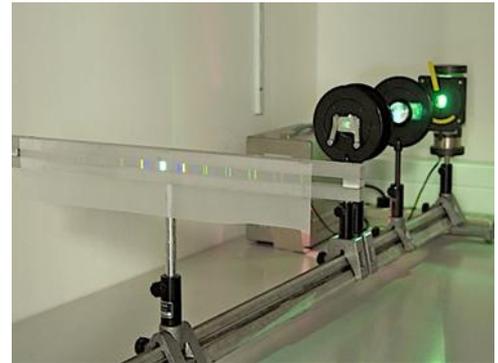


Abbildung 7 Beugung am Gitter

Für die Lichtbeugung am Gitter mit der Gitterkonstanten  $a$  und den Punkt P, der unter dem Winkel  $\alpha$  gegenüber der Lichtausbreitungsrichtung liegt, ergeben sich die Bedingungen:

$$\sin \alpha = \frac{\Delta s}{a} = k \cdot \lambda, \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (\text{Maxima}) \quad (1)$$

$$\sin \alpha = \frac{\Delta s}{a} = (2k - 1) \cdot \lambda, \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (\text{Minima}) \quad (2)$$

Ist P ein Punkt des Schirms, der im Abstand  $l$  hinter dem Gitter angeordnet ist und ist  $s$  der Abstand<sup>1</sup> des Maximums von der geometrischen Achse, so ergibt sich

$$\tan \alpha = \frac{s}{l} \quad (3)$$

Durch einsetzen von Gl. 3 in Gl. 1 ergibt sich für die Auswertung eine Formel zur Berechnung von  $\lambda$ :

$$k \cdot \lambda = a \cdot \sin \left( \tan^{-1} \left( \frac{s}{l} \right) \right), \quad k=0,1,2,3, \dots \quad (4)$$

### 2.1.3 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 Spalten aufgefasst.

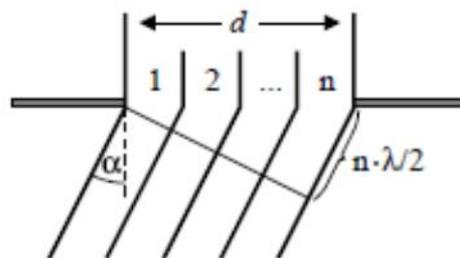


Abbildung 8 Beugung am Spalt

Die rechnerische Umsetzung der Überlegung führt zu den folgenden Formeln für die Lage von Minima und Maxima bei der Beugung am Spalt.

$$\left( n + \frac{1}{2} \right) \cdot \lambda = d \cdot \sin \alpha, \quad (\text{Bedingung für Maxima}) \quad (5)$$

$$n \cdot \lambda = d \cdot \sin \alpha, \quad (\text{Bedingung für Minima}) \quad (6)$$

<sup>1</sup>Achtung: Das  $s$  von  $\Delta s$  ist nicht gleich mit dem Abstand  $s$ .

## 2.2 Brechung

### 2.2.1 Lichtbrechung und Dispersion $n(\lambda)$

Die Lichtbrechung von monochromatischem Licht führt zum Snelliusschen Brechungsgesetz. Die Beobachtung, dass die Brechungswinkel von der Farbe abhängen nennt man Dispersion. Der Brechungsindex ist für jede Farbe unterschiedlich, also  $n = n(\lambda)$ . Das Brechungsgesetz nimmt dann folgende Form an:

$$\frac{\sin \varepsilon}{\sin \varepsilon'} = n(\lambda) \tag{7}$$

Durch die unterschiedliche Brechung je Farbe wird weißes Licht in die einzelnen Farbbestandteile zerlegt und die Wellenlängen der Spektrallinien messbar. Man kennt das vom Regenbogen.

### 2.2.2 Bestimmung der Brechzahl eines Dreiecksprismas

Ein Dreiecksprisma kann durch raffinierte Überlegungen zu einem Spektroskop umgewandelt werden. Man bestimmt die Brechzahl  $n(\lambda)$  für bekannte Wellenlängen und kann dann damit auch die Wellenlänge von noch nicht bekannten Spektrallinien bestimmen.

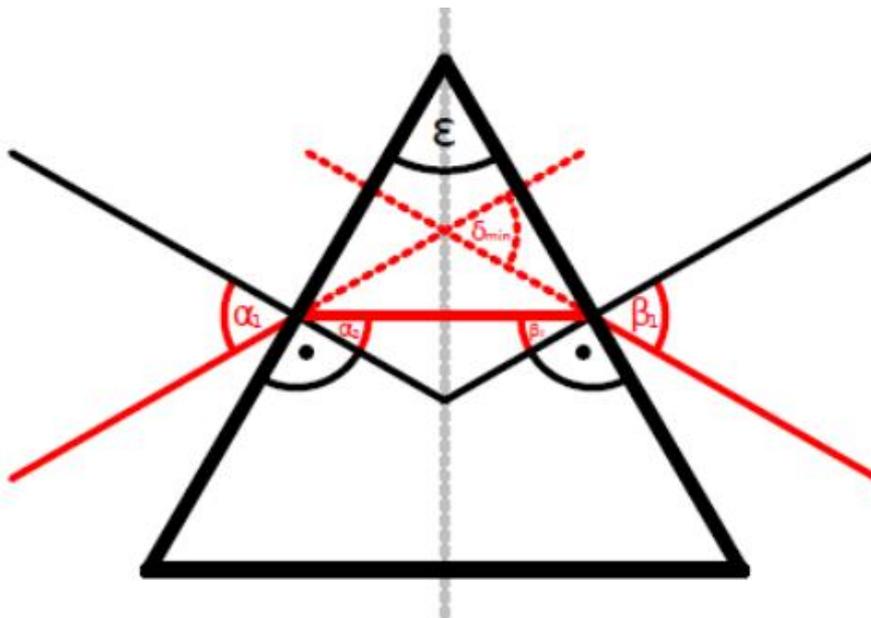


Abbildung 9 Strahlengang durch ein Prisma

Abbildung 9 zeigt den rot gezeichneten Strahldurchgang für ein gleichschenkliges Prisma mit Prismenwinkel  $\varepsilon=60^\circ$  an der Spitze. Im Versuch wird der Winkel  $\delta_{min}$  bestimmt und dann der Brechungsindex  $n(\lambda)$  mit Gl. 8 berechnet.

Mit elementarer Dreiecksgeometrie erhält man  $\alpha_2 = \frac{\varepsilon}{2}$  und  $\delta_{min} = 2\alpha_1 - \varepsilon$ . Aus dem Snelliusschen Brechungsgesetz ergibt sich durch einsetzen

$$n = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{\sin\left(\frac{\delta_{min} + \varepsilon}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\varepsilon}{2}\right)} \tag{8}$$

Bei bekannter Wellenlänge  $\lambda$  ergibt sich der Brechungsindex  $n(\lambda)$ .

### 3 Versuche

Versuch: Beugung am Spalt

#### 3.1 Wellenlängenbestimmung durch Beugung am Spalt

##### 3.1.1 Versuchsaufbau

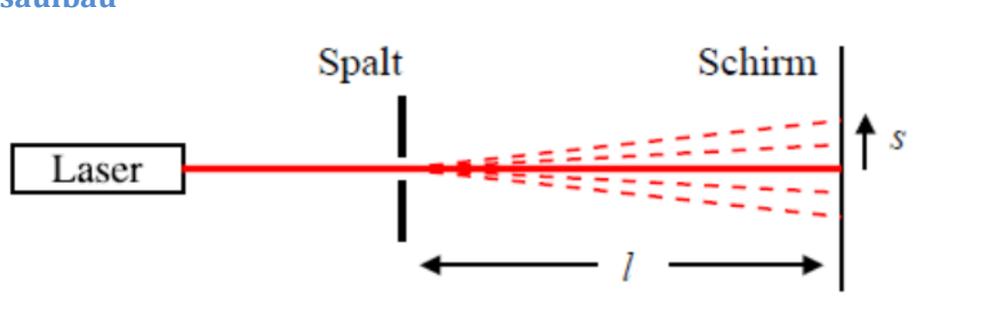


Abbildung 10 Versuchsaufbau: Beugung am Spalt

Ein Laser erzeugt ein paralleles kohärentes Lichtbündel und leuchtet einen Spalt möglichst gleichmäßig aus. Das vom Spalt erzeugte Beugungsbild wird im Abstand  $l$  hinter dem Spalt auf einem Schirm betrachtet. Als Schirm dient ein transparenter Papierstreifen, der an einer Halterung auf der Versuchsabgewandten Seite befestigt wird. Als Abstand  $s$  wird die Entfernung zwischen dem Maximum 0-ter Ordnung und den jeweiligen Beugungsmaxima und -minima bezeichnet.

##### 3.1.2 Versuchsdurchführung

Die Wellenlänge eines Lasers soll durch Beugung am Spalt bestimmt werden.

1. Stelle einen optimalen Abstand  $l$  zwischen Spalt und Schirm ein. Es ist darauf zu achten, dass die ersten fünf Minima gut sichtbar sind.
2. Miss für diesen Abstand  $l$  jeweils die Abstände  $s_n$  der Minima gleicher Ordnung  $n$  auf beiden Seiten des 0. Maximums. Diese Abstände sind mindestens bis zum Minimum 5. Ordnung aufzunehmen.

**Dokumentiere alle für die spätere Auswertung notwendigen Parameter und Messwerte im Versuchsprotokoll.**

##### 3.1.3 Versuchsauswertung

Gl. 6 verknüpft die Wellenlänge  $\lambda$  mit dem Beugungswinkel  $\alpha$  eines gemessenen Minimums, wobei  $n$  die Ordnung des Minimums und  $d$  die Breite des Spalts ist. Der Beugungswinkel  $\alpha_n$  ergibt sich aus den gemessenen Abständen  $l$  und  $s_n$  aus:

$$\tan \alpha_n = \frac{s_n}{l} \quad (9)$$

1. Trage in einem Diagramm alle einzelnen Messungen  $s_n$  gegen die jeweilige Beugungsordnung  $n$  auf. Deren Steigung benötigt man in Gl. 10 zur Bestimmung der Wellenlänge  $\lambda$ .
2. Aus der Interferenzbedingung für Minima bei Beugung am Spalt Gl. 6 erhält man  $\sin \alpha_n = \frac{n \cdot \lambda}{d}$  und aus der Versuchsgeometrie  $\tan \alpha_n = \frac{s_n}{l}$  (Gl. 9). Mit Hilfe der Kleinwinkelnäherung<sup>1</sup> gilt im Bogenmaß für Winkel bis  $10^\circ$ :  $\sin \alpha \sim \tan \alpha$  und somit folgt  $\frac{n \cdot \lambda}{d} = \frac{s_n}{l}$ . Durch Umformung erhält man

<sup>1</sup> Für Winkel bis  $10^\circ$  gilt die Kleinwinkelnäherung im Bogenmaß:  $\varphi \sim \sin \varphi \sim \tan \varphi$ . Man kann sich das am Taschenrechner durch nachrechnen z.B. mit  $\varphi = 5^\circ$  klar machen.

$$\lambda = \frac{d}{l} \cdot \frac{s_n}{n} \quad (10)$$

und damit einen Messwert für die Wellenlänge des verwendeten Lasers. Für den Quotienten  $\frac{s_n}{n}$  verwendet man den in 1. ermittelten Wert.

- Als Anhaltspunkt zur Überprüfung der Messungen dient der Literaturwert für die rote Wellenlänge des He-Ne-Lasers:  $\lambda_{\text{grün}} = 546\text{nm} = 546 \cdot 10^{-9}\text{m}$ .

## 3.2 Wellenlängenbestimmung durch Beugung am Gitter

Versuch: Beugung am Spalt

### 3.2.1 Versuchsaufbau

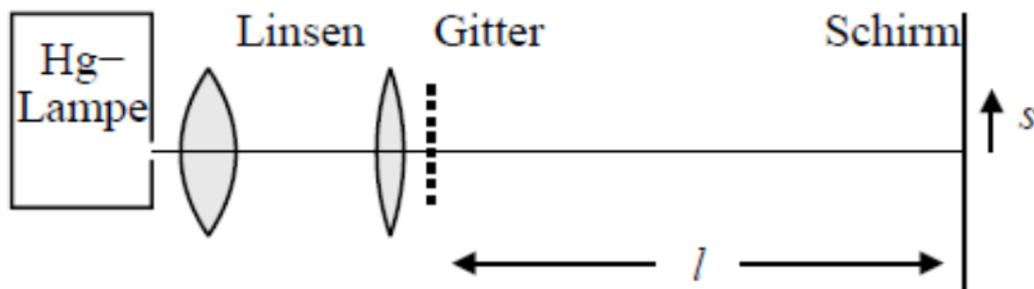


Abbildung 11 Versuchsaufbau: Beugung am Gitter

Eine Hg-Dampflampe emittiert einen Lichtkegel, aus dem durch einen 0,5mm breiten Spalt ein annähernd paralleles Lichtbündel ausgeschnitten wird. Dieses Lichtbündel wird mittels zweier Linsen aufgeweitet und auf einen Schirm, der aus einem transparenten Papierstreifen besteht, fokussiert.

Im Strahlengang befindet sich ein Gitter, an dem das Licht beim Durchtritt gebeugt wird. Die Entfernung zwischen dem Gitter und dem Schirm wird als Abstand  $l$  bezeichnet. Als Abstand  $s$  wird die Entfernung zwischen dem ungebeugten Strahl und den jeweiligen Beugungsmaxima und -minima bezeichnet. Das hier verwendete Gitter hat eine Gitterkonstante von  $a = 10\mu\text{m}$ .

### 3.2.2 Versuchsdurchführung

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

- Stelle die Linsen so ein, dass das gesamte Gitter möglichst hell ausgeleuchtet ist und gleichzeitig der Spalt der Hg-Dampflampe scharf auf den Schirm abgebildet wird. Der Papierstreifen wird wieder auf der versuchsabgewandten Seite angebracht. Justiere die Höhen aller optischen Komponenten so, dass sie in einer Ebene liegen. Die 2. Linse soll möglichst nah am Gitter positioniert werden um es gut auszuleuchten.
- Die Beugungserscheinungen werden mit bloßem Auge von der Rückseite des Papierstreifens beobachtet. Wähle dazu den Abstand  $l$  so, dass die ersten fünf Maxima gut sichtbar sind. Markiere für diesen Abstand  $l$  die Maxima bis zur 5. Ordnung auf beiden Seiten für die drei hellsten Farben: orange, grün und blau. Verwende den blauen Filter, um die schwachen blauen Maxima besser ablesen zu können.

**Dokumentiere alle für die spätere Auswertung notwendigen Parameter und Messwerte im Versuchsprotokoll.**

### 3.2.3 Versuchsauswertung

Der Beugungswinkel  $\alpha$  unter dem ein Maximum beobachtet wird, ergibt sich aus der Auslenkung  $s$  auf dem Papierstreifen und dem Abstand  $l$  zwischen Gitter und Schirm aus:  $\tan \alpha = \frac{s}{l}$  (vgl. Gl. 3).

Der Zusammenhang zwischen dem Beugungswinkel  $\alpha$  eines Maximums und der Wellenlänge  $\lambda$  bei gegebener Ordnung  $n$  und gegebenem Spaltabstand  $a$  des Gitters ist durch Gl. 1 beschrieben.

1. Bei der Beobachtung von 5 Maxima ergeben sich für jede Farbe 5 Messungen. Berechne für jede Farbe und jedes Maximums die Wellenlänge und berechne den Mittelwert für die Wellenlängen der Farben.

2. Zum Vergleich der Messwerte die Literaturwerte für die verschiedenen Wellenlängen:

$$\lambda_{\text{orange}} = 578 \text{ nm}; \lambda_{\text{grün}} = 546 \text{ nm}; \lambda_{\text{blau}} = 436 \text{ nm}.$$

3. Für das Auge kaum erkennbar, weil knapp an der UV Sehgrenze liegend, aber mit einem Leuchtstreifen sichtbar zu machen, ist eine sehr intensive violette Linie. Versuche sie zu beobachten. Geeignet zum Nachweis ist ein frisch gewaschenes T-shirt, weil Waschmittel UV sensible Substanzen enthalten, „die weiß noch weißer machen“.

## 3.3 Bestimmung des Brechungsindex mit einem Prismenspektroskop

### 3.3.1 Versuchsaufbau

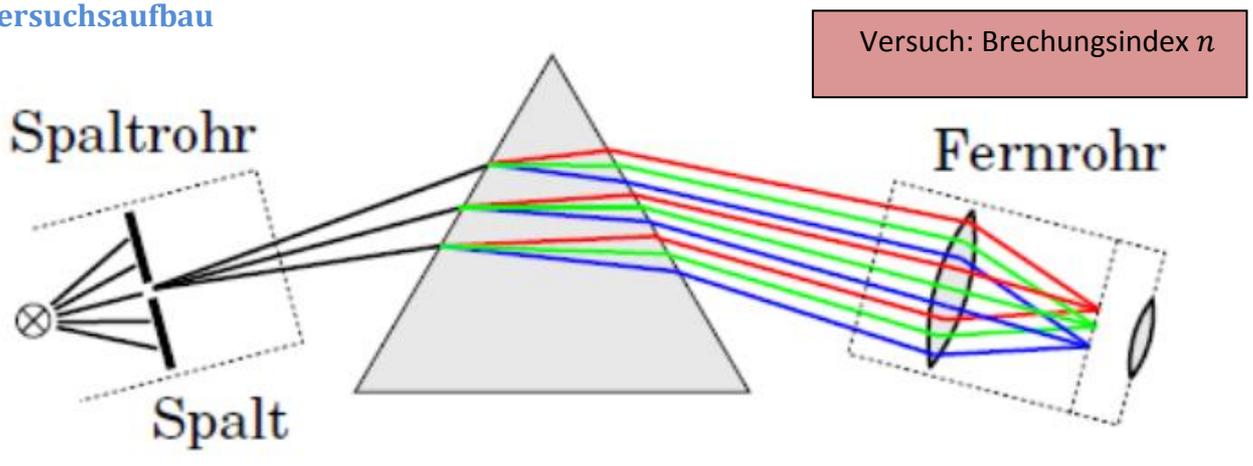


Abbildung 12 Versuchsaufbau eines Prismenspektroskops für sichtbares Licht

Der prinzipielle Aufbau eines Prismenspektroskops ist in der Abbildung dargestellt. Das Foto rechts zeigt die Anordnung. Das Kernbauteil ist ein gerades Dreiecksprisma aus lichtbrechendem Glas. Es hat zwei polierte Flächen, die vom Licht durchstrahlt werden. Sie schließen den Prismenwinkel  $\varepsilon = 60^\circ$  ein. Das Prisma ist auf einer drehbaren Halterung angebracht, diese kann mit einer Feststellschraube arretiert werden. An dieser Halterung ist eine Winkelskala zu sehen, die sich mit der Halterung dreht. Ein Fernrohr kann unabhängig von der Stellung der Prismenhalterung um die Anordnung herum



Abbildung 13 Versuchsanordnung

bewegt werden. Die relative Stellung des Fernrohrs zur Prismenhalterung kann mit einem Nonius auf der Winkelskala abgelesen werden.

Das von der Lichtquelle ausgehende Licht trifft durch einen variabel einstellbaren Spalt auf das Prisma. 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 Spalts beobachten. Der Winkel, um den das Licht abgelenkt wird, variiert aufgrund der Dispersion (=Brechung in Abhängigkeit von der Lichtfarbe) des Prismenmaterials mit der Lichtwellenlänge  $\lambda$ . Für jede Wellenlänge  $\lambda$  ergibt sich so ein eigenes farbiges Bild des Spalts. Diese Spaltbilder erscheinen im Teleskop gegeneinander seitlich verschoben.

### 3.3.2 Versuchsdurchführung

#### Messung von $n(\lambda)$ für Hg-Licht und Wellenlängenbestimmung für eine unbekannte Lichtquelle

Der Brechungsindex  $n$  des verwendeten Prismenmaterials soll für die jeweiligen Wellenlängen  $\lambda$  der orangen, grünen und blauen Hg-Linie bestimmt werden. In einem zweiten Anwendungsversuch werden danach zwei Wellenlängen einer unbekanntes Spektrallampe durch Interpolation der vorher gewonnenen Brechungsindexe bestimmt.

1. Verwende zunächst die Hg-Dampflampe als Lichtquelle.
2. Drehe das Prisma so, dass das Licht, das an einer der polierten Seiten gebrochen wird, an der zweiten polierten Seite wieder austritt (vgl. Abbildung 12). Hierbei ist es sinnvoll den Spalt zunächst wieder etwas zu öffnen und das gebrochene Lichtbündel mit einem Papier (z.B. dieser Versuchsanleitung), das man als Schirm verwendet, zu beobachten. Ist das Prisma richtig ausgerichtet kann man auf dem Papier bereits die Spektralfarben erkennen.
3. Richte das Teleskop nun auf das gebrochene Lichtbündel aus. Das Teleskop wird scharf gestellt, indem man das Okular verschiebt. Um eine möglichst genaue Messung reduziere nun noch die Spaltbreite. Hierbei sollten die beiden orangen Spektrallinien der Hg-Dampflampe klar voneinander zu unterscheiden sein.
4. Ermittle nun den Winkel  $\delta_{min}$  der minimalen Ablenkung für die orange, die grüne und die blaue Spektrallinie der Hg-Dampflampe.
  - Blicke hierzu durch das Fernrohr und dreht gleichzeitig die Halterung des Prismas. Die Spektrallinien bewegen sich mit dem Prisma. Diese Bewegung hat einen Extrempunkt, d.h. sie dreht sich um, wobei sich dieser Umkehrpunkt für die verschiedenen Spektralfarben unterscheidet. Mit der Feststellschraube arretiert man die Stellung des Prismenhalters, bei der sich die beobachtete Spektrallinie exakt im Umkehrpunkt befindet.
  - Dann richtet man das Fernrohr mit Hilfe des Fadenkreuzes genau auf die beobachtete Spektrallinie aus und liest den eingestellten Winkel auf der Skala ab.
  - Da es sich bei dem abgelesenen Winkel nur um einen Relativwinkel handelt, muss man noch die Richtung des eintretenden Lichtbündels bestimmen. Hierzu nimmt man das Prisma **VORSICHTIG** aus seiner Halterung, **WICHTIG die polierten Flächen NICHT berühren!** Das Fernrohr richtet man auf den Spalt aus und liest den zugehörigen Winkel ab. Der gesuchte Winkel  $\delta_{min}$  der minimalen Ablenkung ergibt sich aus der Differenz dieser beiden eingestellten Winkel. Diesen Vorgang muss man für jede Spektralfarbe separat durchführen, indem man die Winkelskala zusammen mit dem Prisma verdreht.

- Jetzt liegen alle notwendigen Messwerte vor um in der Versuchsauswertung mit Gl. 8 die Brechungsindexe  $n(\lambda)$  zu berechnen.

Bestimme den Winkel  $\delta_{\min}$  der minimalen Ablenkung für zwei weitere Spektrallinien (beliebige Wahl) der unbekanntes Spektrallampe.

**Dokumentiere alle für die spätere Auswertung notwendigen Parameter und Messwerte im Versuchsprotokoll.**

### 3.3.3 Versuchsauswertung

Der Prismenwinkel des Prismas beträgt  $\varepsilon=60^\circ$ .

1. Bestimme aus den Winkeln  $\delta_{\min}$  der minimalen Ablenkungen die Brechungsindexe  $n(\lambda)$  für die gemessenen Wellenlängen (Farben)  $\lambda$  der Hg-Dampflampe. (Einsetzen in Gl. 8)

( $\lambda_{\text{orange}} = 578 \text{ nm}$ ;  $\lambda_{\text{grün}} = 546 \text{ nm}$ ;  $\lambda_{\text{blau}} = 436 \text{ nm}$ )

Trage die Ergebnisse in einem  $\lambda n$ -Diagramm graphisch auf. Ist die resultierende Funktion  $n(\lambda)$  linear?

Das Diagramm kann benutzt werden, um die Spektrallinien der unbekanntes Lichtquelle zu vermessen.

2. Bestimme aus den Winkeln  $\delta_{\min}$  der minimalen Ablenkung die Wellenlängen  $\lambda$  der beiden Spektrallinien der unbekanntes Lampe. Ermittle mit Hilfe des  $n(\lambda) - \lambda$ -Diagramms.
3. Vergleiche die beobachtete Farbe mit dem Spektrum. Stimmen Messwert und beobachtete Farbe grob überein?

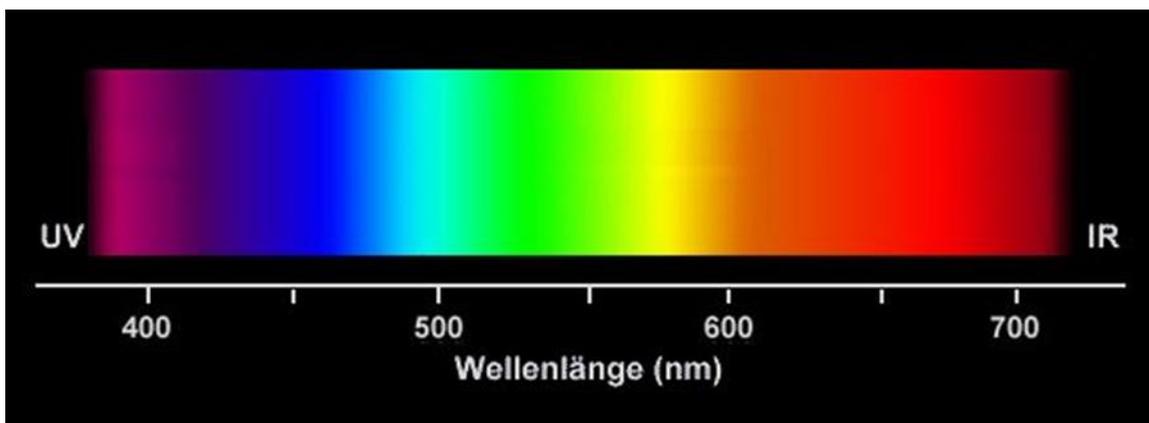


Abbildung 14 Elektromagnetisches Spektrum im sichtbaren Bereich