

# Nebenfach Physik Praktikum vom 30.04.2002

**Tutor:** Arne Henning

Vorgelegt von Martin Podzus und Sven Siebler

## Thema: Beugung und Interferenz

### Versuch 1: Beugung am Einfachspalt

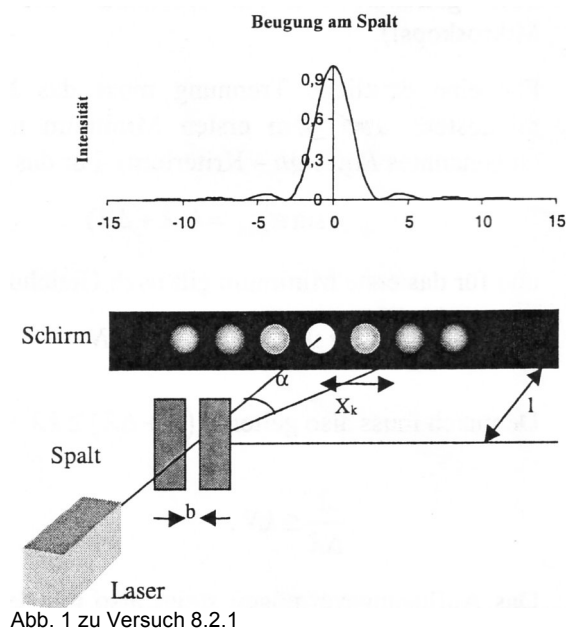
#### 1.1 Theorie:

Wird Licht durch einen Spalt gestrahlt, so kommt es auf einem dahinterliegenden Schirm zu den sogenannten Interferenzerscheinungen. Dies zeigt sich als ein System von hellen und dunklen Zonen. Mittels dieses Interferenzbildes kann man einige weitere Eigenschaften bestimmen. Bei diesem Versuch soll durch die gemessene Lichtintensität und der bekannten Wellenlänge die Breite eines Spaltes bestimmt werden.

#### 1.2 Geräteliste:

He-Ne-Laser, optische Bank (1,5 m), Reiter, Spalt in Justierfassung, Schirm, Verschiebeeinrichtung, Phototransistor in Fassung, Milivoltmeter

#### 1.3 Aufbau:



#### 1.4 Durchführung: siehe Skript

## 1.5 Meßergebnisse:

Extrema (=k)	Abstand $x_k$ [mm]	Spannung [mV]	log Spannung
Absolutes Maximum	0,000	1415,00	3,15
1. Maximum	1,945	14,90	1,17
2. Maximum	2,765	6,70	0,83
3. Maximum	3,695	4,00	0,60
4. Maximum	4,465	2,70	0,43

Tabelle 1 zu Versuch 8.2.1

Für die Maxima der Intensität gilt:  $b = \frac{k \cdot \lambda \cdot l}{x_k} + \frac{1}{2} \lambda \cdot l$

$\lambda = 632,8 \times 10^{-6} \text{ mm}$  ;  $l = 290 \text{ mm}$

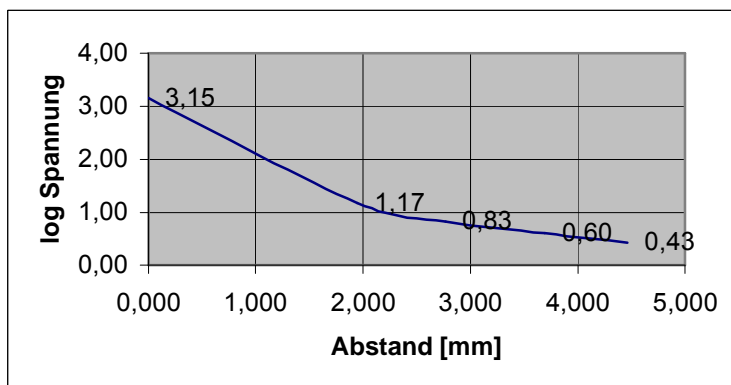
Für den Sinus des Beugungswinkels gilt:  $\sin \alpha = \frac{x_k}{\sqrt{x_x^2 + l^2}}$

Aus dieser Beziehung ergibt sich folgende Tabelle:

Extrema (=k)	Spaltbreite b [mm]	sin ?	?
1. Maximum	0,142	6,71E-03	0,384
2. Maximum	0,166	9,53E-03	0,546
3. Maximum	0,174	1,27E-02	0,728
4. Maximum	0,185	1,54E-02	0,882

Tabelle 2 zu Versuch 8.2.1

## 1.6 Graph:



Graph 1 zu Versuch 8.2.1

## 1.7 Fazit:

Die tatsächliche Spaltbreite betrug 0,2 mm. Unsere Werte weichen anfangs sehr stark von diesem Wert ab und nähern sich zum Schluß immer mehr an. Die Ungenauigkeiten sind u.a. darauf zurückzuführen, daß noch andere Lichtquellen im Raum waren, die den Phototransistor gestört haben (nicht jeder hat zu Hause eine schließbare Tür) und sicherlich spielen auch Ablesefehler eine große Rolle.

## Versuch 2: Bestimmung der Dicke eines Hindernisses

### 1. Theorie, Geräteliste & Aufbau:

Siehe 8.2.2

### 2. Durchführung: siehe Skript

### 3. Meßergebnisse:

Der Abstand zwischen Laser und Schirm ( $l$ ) beträgt 2000 mm

Für die Maxima der Intensität gilt:  $b = \frac{k \cdot l \cdot l}{x_k} + \frac{1}{2} \frac{l \cdot l}{x_x}$

$\lambda = 632,8 \times 10^{-6}$  mm ;  $l = 2000$  mm

Extrema (=k)	Abstand $x_k$ [mm]	Dicke des Drahtes [mm]
1. Maximum	5,65	0,336
2. Maximum	10,65	0,297
3. Maximum	18,40	0,241
4. Maximum	25,65	0,222
5. Maximum	32,90	0,211

### 4. Fazit:

Die tatsächliche Dicke des Drahtes beträgt 0,2 mm. Da unsere Werte sich erst mit zunehmenden Maxima dem tatsächlichen Wert annähern ist auf Meßungenauigkeiten zurückzuführen. Da man mit einem Lineal den Abstand am Schirm messen musste und man bei den ersten Maxima nur sehr geringe Abstände hatte, sind auch die Meßungenauigkeiten größer. Denn mit dem Lineal sind Nachkommastellen nur schwer bestimmbar und bei geringem Abstand ist auch die Messung des Abstandes erschwert, da das Maximum noch eine höhere Intensität und damit auch einen größeren Durchmesser hat. Dadurch ist der Abstand nur schwer bestimmbar.

## Versuch 3: Messung des Brechungsindex bzw. der Lichtgeschwindigkeit in Wasser

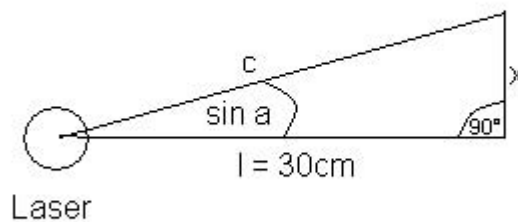
### 3.1. Geräteliste:

Laser (632,8nm), Küvette mit Gitter, Schieblehre (+/- 0,05mm)

### 3.2. Versuchsaufbau und –durchführung

In diesem Versuch sollen mit Hilfe eines Gitters die Lichtgeschwindigkeit in Wasser und der Brechungsindex von Wasser ermittelt werden. Hierzu wird Laserlicht mit einer bestimmten Wellenlänge durch ein Gitter geschickt. Das erste Mal oberhalb des Wasserspiegels und das zweite Mal unterhalb. Bei beiden Messungen werden die Abstände der entstehenden Maxima auf einem, am hinteren Rand der Küvette, aufgeklebten Millimeterpapier gemessen und daraus die jeweiligen Winkel berechnet.

Die Winkel kann man aufgrund geometrischer Beziehungen sehr einfach herleiten:



Anhand der Zeichnung erkennt man, dass man aufgrund des  $90^\circ$  Winkels die Beugungswinkel **a** bzw. **b** nach Pythagoras berechnen kann:

$$\sin a = \frac{x}{c} = \frac{x}{\sqrt{l^2 + x^2}}$$

### 3.3 Messwerte und Auswertung

Die Länge  $l$  der Küvette beträgt:  $l = 30\text{cm}$

#### Messungen in der Luft:

Ordnung $k$ des Maximums	Abstand $x$ zur optischen Achse [cm]	Hypotenuse $c$ [cm]	$\sin a$
0	0,00	30,00	0
1	0,75	30,01	0,025
2	1,51	30,04	0,0503
3	2,26	30,09	0,0751

### Messungen im Wasser:

Ordnung k des Maximums	Abstand x zur optischen Achse [cm]	Hypotenuse c [cm]	sin <b>b</b>
0	0,00	30,00	0
1	0,55	30,01	0,0183
2	1,08	30,02	0,036
3	1,62	30,04	0,0539
4	2,17	30,08	0,0721

Nach dem Snellis'schen Brechungsgesetz:

$$\frac{\sin \mathbf{a}}{\sin \mathbf{b}} = \frac{c_A}{c_B}$$

gilt für unser Beispiel:

$$\frac{\sin \mathbf{a}}{\sin \mathbf{b}} = \frac{c_{Luft}}{c_{Wasser}}$$
$$c_{Wasser} = \frac{c_{Luft} \cdot \sin \mathbf{b}}{\sin \mathbf{a}}$$

Die Lichtgeschwindigkeit in Luft wurde uns mit  $2,9979 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$  vorgegeben.

Wir erhalten also folgende Ergebnisse für die Lichtgeschwindigkeit in Wasser:

Ordnung k	sin <b>a</b>	sin <b>b</b>	$c_{Wasser} [10^8 \frac{m}{s}]$
0	0	0	---
1	0,025	0,0183	2,1945
2	0,0503	0,036	2,1456
3	0,0751	0,0539	2,1516
4	---	0,0721	---

Die mittlere Lichtgeschwindigkeit in Wasser beträgt bei der verwendeten Wellenlänge (632,8nm) also:  $c_{Wasser} = 2,1639 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$

Der Brechungsindex für Wasser lässt sich nun ganz einfach berechnen:

$$n_{Stoff} = \frac{c_{Vakuum}}{c_{Stoff}}$$
$$n_{Wasser} = \frac{c_{Vakuum}}{c_{Wasser}} = \frac{2,99792458 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{2,1639 \cdot 10^8 \frac{m}{s}} = 1,385$$

Der Brechungsindex von Wasser beträgt also demnach 1,385.

### 3.4. Fehlerbetrachtung:

Der Literaturwert für den Brechungsindex beträgt ungefähr 1,33. Unser errechneter Wert ist also ein kleines bisschen zu groß.

Hauptsächlich liegt das an der Tatsache, dass die Abstände der Maxima sehr schlecht zu messen waren. Dies lag zum einen daran, dass die Punkte der Maxima z.T. sehr breit waren

und der Mittelpunkt nicht genau bestimmt werden konnte und zum anderen daran, dass das Messen mit der Schieblehre ein wenig umständlich war. Weiterhin waren die Messungen mit der Schieblehre mit einem Fehler von +/- 0,05mm behaftet.

## Versuch 4: Gitterspektrometer: Wellenlängenmessung und spektrale Auflösung

### 4.1. Geräteliste:

He-, Na- Spektrallampen, Stativ mit Fassung, Netzgerät für Spektrallampe, Spektrometer mit Gitteraufbau, Gitter (600 Str./mm), Abdeckblenden

### 4.2. Versuchsaufbau und -durchführung

Mit Hilfe eines Spektrometers sollen in diesem Versuch die Spektrallinien von Helium und Natrium vermessen werden. Dazu werden die jeweiligen Spektrallampen direkt vor die Eintrittsöffnung des Spektrometers gebracht und es werden die Winkel bestimmt, unter denen die einzelnen Linien durch das Gitter gebeugt werden. Anhand der Beugungsgesetze am Gitter lassen sich so vergleichsweise einfach die Wellenlängen berechnen.

Zuerst wird der „Nullwinkel“  $j$  bestimmt, das heißt man misst zuerst den Winkel  $j$ , den man dann von den jeweiligen anderen abgelesenen Winkeln  $d$  abzieht.

### 4.3 Messwerte und Auswertung

Für eine Beugung am Gitter gilt folgende Beziehung:

$$\sin d = \frac{l}{g} \Leftrightarrow l = g \cdot \sin d$$

Die Gitterkonstante  $g$  ist uns bekannt, sie beträgt  $1,67 \cdot 10^{-6} m$ . Den Winkel  $d$  haben wir gemessen.

Nach dieser Gleichung können wir also nun die Wellenlänge zu jeder Spektrallinie berechnen.

Der „Nullwinkel“  $j$  beträgt für die Helium Lampe  $236,2^\circ$ .

#### Helium Lampe:

Spektrallinie	$d$ (gemessen)	Ablenkwinkel $j - d$	Wellenlänge $l$ in [nm]
Gelb	$215,5^\circ$	$20,7^\circ$	590,30
Grün	$218,6^\circ$	$17,6^\circ$	504,96
Blau-grün	$219,0^\circ$	$17,2^\circ$	493,83
Blau	$219,7^\circ$	$16,5^\circ$	474,31
Violett	$221,0^\circ$	$15,2^\circ$	446,29

Der „Nullwinkel“  $j$  beträgt für die Natrium Lampe  $111,3^\circ$ .

#### Natrium Lampe:

Spektrallinie	$d$ (gemessen)	Ablenkwinkel $j - d$	Wellenlänge $l$ in [nm]
Gelb 1	$91,3^\circ$	$20,0^\circ$	571,17
Gelb 2	$90,5^\circ$	$20,8^\circ$	593,03

Das Problem bei den beiden Spektrallinien des Natriums ist, dass sie einen nur sehr geringen Wellenlängen Unterschied haben. Das Vermessen dieser beiden Linien war also ein bisschen schwierig. Deswegen weicht das experimentelle Ergebnis auch so weit vom Literaturwert ab. Laut Anhang des Skriptes betragen die tatsächlichen Wellenlängen: Gelb1 = 589,0nm und Gelb2 = 589,59nm. Der Unterschied beträgt also gerade nur 0,6nm!

Um diese beiden Linien dennoch klar voneinander getrennt wahrnehmen zu können, muss das Auflösungsvermögen des Gitters erhöht werden.

Für die Auflösung gilt die Gleichung:

$$A = \frac{\lambda}{|\Delta\lambda|} \leq k \cdot N,$$

wobei N die Anzahl der Spalten im Gitter angibt.

Man kann also das Auflösungsvermögen, durch ein Gitter mit erhöhter Spaltenanzahl vergrößern.

Für unser Natrium Beispiel gilt:

$$A = \frac{589nm}{(589,59 - 589)nm} = 998$$

Um die beiden Natrium Spektrallinien deutlich voneinander zu trennen, wäre also ein Gitter mit ungefähr 1000 Spalten notwendig.

#### 4.4 Fehlerbetrachtung:

Als Fehlerquelle ist hier hauptsächlich das Ablesen der Winkel zu nennen, da die einzelnen Spektralfarben, auch beim Helium, ziemlich nah beieinander und sehr unscharf waren. Gerade die grünlichen Linien beim Helium waren schwer zu vermessen. Man hat ja beim Natrium gesehen, wie sehr sich die so berechneten Wellenlängen von den tatsächlichen Wellenlängen unterscheiden können.

### Versuch 5: Speckles

#### 1. Theorie:

Wenn man eine unregelmäßige Oberfläche mit einem sichtbaren Laser bestrahlt, so sieht man unter geeigneten Umständen, nicht wie erwartet einen hellen Fleck, sondern ein Gebiet mit hellen und dunklen Punkten, die sogenannten Speckles.

Dieses Phänomen ist durch die Interferenzen zu erklären, welche Elementarwellen erzeugen, wenn sie auf eine unebene Oberfläche treffen und von dort reflektiert werden (Prinzip von Huygens).

#### 2. Geräteliste:

He-Ne-Laser, Streuscheibe, Linse

### 3. Aufbau:

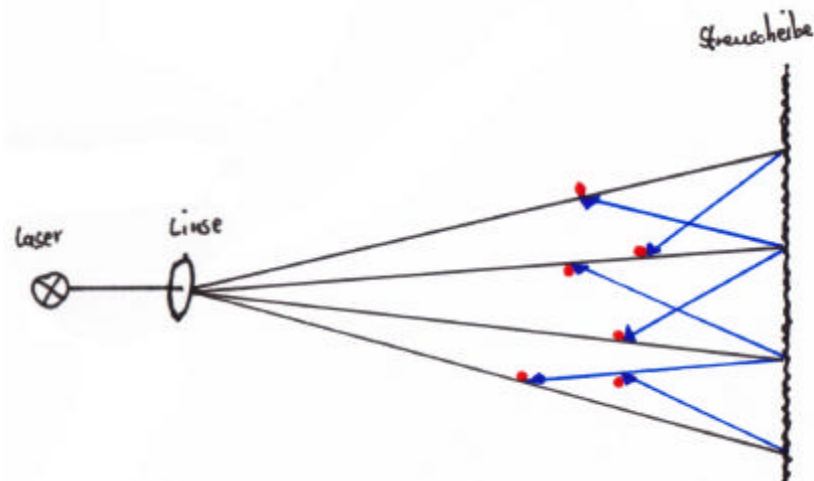


Abb. 1 zu Versuch 8.2.5

### 4. Durchführung: siehe Skript

### 5. Fazit:

Dieser Effekt ist nicht mit dem Licht einer Glühlampe oder mit Tageslicht zu erzeugen, da dieses Licht nicht kohärent ist, d.h. Tageslicht besteht aus Licht vieler Wellenlängen und nicht nur aus einer, wie der Laser.

Mit der Oberfläche einer Hand sowie mit Milch ist dieser Effekt nicht zu beobachten, da das Licht des Lasers absorbiert bzw. gebrochen und nicht reflektiert wird.

Verschiebt man den Schirm in die Brennebene des Lasers, so treten die Speckles nicht mehr auf, da innerhalb der Brennebene kein virtuelles Bild erzeugt werden kann. Dies ist auch der Grund dafür, warum man den Effekt der Speckles nicht fotografieren kann.

Unsere Gruppe konnte nicht genau bestimmen in welche Richtung sich die Speckles drehen, da wir zwar eine Bewegung wahrnehmen, doch keine Richtung bestimmen konnten.