

# Auswertung: Laser A

Axel Müller & Marcel Köpke  
Gruppe: 30

10.05.2012

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Brewsterwinkel</b>	<b>3</b>
1.1 Brewsterfenster im Laser . . . . .	3
1.2 Bestimmung des Brechungsindex . . . . .	3
<b>2 Beugungen an Spalt, Steg, Kreiloch, Kreisblende und Kante</b>	<b>4</b>
2.1 Einzelspalt . . . . .	4
2.2 Steg . . . . .	4
2.3 Kreisöffnung/Kreisblende/Kante . . . . .	5
2.4 Haardicke . . . . .	5
<b>3 Mehrfachspalt und Gitter</b>	<b>6</b>
3.1 Spaltbreite und Spaltabstand des Doppelspalts . . . . .	6
3.2 Vergleich von Doppel- und Dreifachspalt . . . . .	6
3.3 Strichgitter . . . . .	8
3.4 Kreuz- und Wabengitter . . . . .	9
<b>4 Beugungsordnungen</b>	<b>11</b>
<b>5 Holographie</b>	<b>12</b>

# 1 Brewsterwinkel

## 1.1 Brewsterfenster im Laser

Wie in der Aufgabenstellung beschrieben stellten wir das Brewsterfenster in die Austrittsöffnung des Lasers und beobachteten die Intensität in Abhängigkeit des Winkels. Bei folgendem Winkel

$$\theta = 51^\circ$$

ergab sich das Maximum der Intensität. Wie in der Vorbereitung beschrieben sollte für den Winkel gelten:

$$\theta = \arctan n_{\text{Glas}} = \arctan 1.5 = 56,31^\circ$$

Damit liegen wir im Bereich des Literaturwerts. Die Notwendigkeit des Brewsterfenster wurde bereits in der Vorbereitung beschrieben.

## 1.2 Bestimmung des Brechungsindex

Wir belichteten eine Glasplatte mit einem Laser und bestimmten die Intensität des reflektierten und des transmittierten Anteils. Für den reflektierten Anteil sollte sich ein Minimum ergeben, wenn der Einfallswinkel des Laserstrahls auf die Glasplatte gerade dem Brewsterwinkel entspricht. Umgekehrt ergibt sich ein Maximum in der Transmission.

Allerdings erwies sich die Messung der Transmissionsintensität als schwierig, da der Messwert zu sehr schwankte. Daher bestimmten wir den Brewsterwinkel nur über das Minimum der Reflektion. Es ergab sich:

$$\theta = 58^\circ$$

Damit bestimmt sich die Brechzahl von Glas zu:

$$n_{\text{Glas}} = \tan \theta = 1,60$$

Sie weicht vom Literaturwert ab, was auf die ungenaue Messung des Winkels zurückzuführen ist (das Intensitätsminimum wurde per Augenmaß abgeschätzt). Außerdem divergiert der Tangens für Werte die gegen  $90^\circ$  gehen sehr schnell, was bei größeren Winkeln stärkere Abweichungen hervorruft.

## 2 Beugungen an Spalt, Steg, Kreiloch, Kreisblende und Kante

### 2.1 Einzelspalt

Anhand der Beugungsminima sollten wir hier die genaue Spaltbreite bestimmen. Dazu haben wir die folgenden Minima-Abstände ausgewertet:

k	$2x_k$ [mm]	$B = \frac{k \cdot d \cdot \lambda}{x}$ [mm]
1	9,3	0,32
2	18,2	0,33
3	27,5	0,33
4	36,67	0,33

Tabelle 2.1: Messwerte

Mit  $\lambda = 632,8nm$ ,  $d = 238,5cm$  (war in allen Aufgaben gleich). Damit erhalten wir im Mittel eine Spaltbreite von:

$$B = 0,33mm$$

### 2.2 Steg

Für den Steg erhielten wir genau dasselbe Beugungsbild wie für den Einzelspalt. Dies lässt sich mit Babinet'sche Theorem erklären.

k	$2x_k$ [mm]	$B = \frac{k \cdot d \cdot \lambda}{x}$ [mm]
1	10,0	0,30
2	18,0	0,33
3	27,0	0,33
4	36,2	0,33

Tabelle 2.2: Messwerte

Somit ergibt sich für die Breite des Spalts:

$$B = 0.32mm$$

Somit handelt es sich offensichtlich um komplementäre Beugungsstrukturen.

## 2.3 Kreisöffnung/Kreisblende/Kante

Wir betrachteten und verglichen die Beugungsbilder von Kreisöffnung und Kreisblende und erkannten wiederum, dass sich gleiche Beugungsbilder ergaben. Die Beugungsbilder waren jedoch etwas chaotischer als die in der Vorbereitung gezeigten, aber dennoch waren die charakteristischen Merkmale zu erkennen. Es bestätigt sich also wieder das Theorem.

Das Beugungsbild der Kante entsprach teilweise unseren Erwartungen, jedoch deutete sich auch auf der anderen Seite des nullten Hauptmaximums ein Beugungsmuster an.

## 2.4 Haardicke

Mit maßen die Dicke eines Haares mit der Mikrometerschraube und erhielten:

$$B = 32\mu\text{m}$$

Durch Beugung des Laserlichts am Haar erhielten wir ein zum Steg äquivalentes Beugungsbild und konnten damit die Haardicke erneut bestimmen. Der Abstand der ersten Beugungsminima betrug  $2x_1 = 70\text{mm}$ . Damit bestimmt sich die Dicke des Haares zu:

$$B = \frac{d\lambda}{x_1} = 43,03\mu\text{m}$$

## 3 Mehrfachspalt und Gitter

### 3.1 Spaltbreite und Spaltabstand des Doppelspalts

Für den gewählten Doppelspalt ergab sich folgende Messwerte (Stichwort: Überlagerung des Doppelspaltbilds durch Einzelspalt):

$k_{\text{Doppelspalt}}$	$2x_{\text{Doppelspalt}}[\text{mm}]$	Spaltabstand $g = \frac{(k-\frac{1}{2}) \cdot d \cdot \lambda}{x} [\text{mm}]$
1	2,0	0,75
2	6,0	0,75
3	10,8	0,70
4	16,0	0,66

$k_{\text{Einzelspalt}}$	$2x_{\text{Einzelspalt}}[\text{mm}]$	Spaltbreite $B = \frac{k \cdot d \cdot \lambda}{x} [\text{mm}]$
1	14,0	0,22
2	26,8	0,23
3	41,6	0,22
4	55,0	0,22

Tabelle 3.1: Messwerte

Gemittelt ergeben sich:

$$g = 0,72\text{mm}$$

$$B = 0,22\text{mm}$$

Die angegebenen Werte waren:

$$g = 0,75\text{mm}$$

$$B = 0,25\text{mm}$$

Unsere gemessenen Werte stimmen also annähernd mit den angegebenen Werten überein.

### 3.2 Vergleich von Doppel- und Dreifachspalt

Im folgenden sollten wir nun überprüfen, ob in der Vorbereitung angegebene Vorhersage zutrifft. Dazu vergleichen wir die Abstände der Minima von Doppel- und Dreifachspaltbild:

k	$2x_{Doppelspalt}$ [mm]	$2x_{Dreifachspalt}$ [mm]
1	3,95	3,0
2	12,0	10

Tabelle 3.2: Messwerte

Bei diesem Versuch konnten wir leider nicht mehr Messwerte entnehmen, weil die Nebenmaxima im Vergleich zum Doppelspalt in Aufgabe 3.1 weiter auseinanderliegen. Dadurch erschwerte sich die Messung, da das Einfachspaltbild stark überwiegt. Dennoch zeigen die Messwerte eindeutig, dass die Nebenminima bei schwindendem Spaltabstand größere, und bei zunehmender Spaltanzahl geringere Abstände besitzen. Obwohl der schlechten Qualität der Bilder, kann man diesen Effekt dennoch an den Abbildungen erahnen:

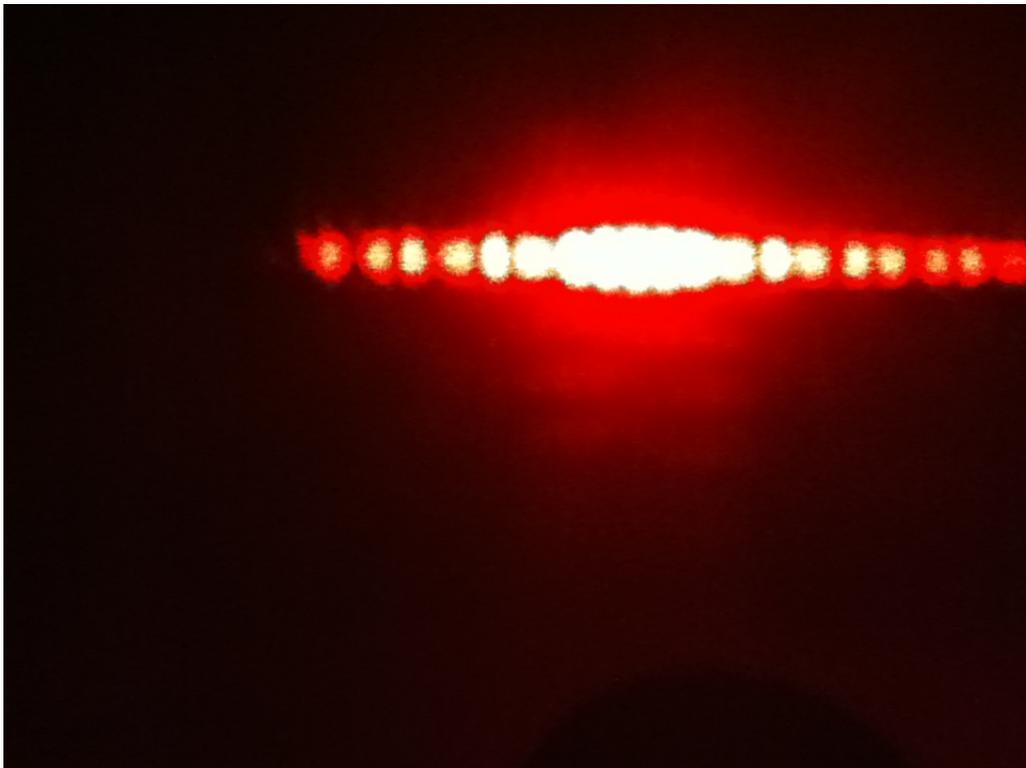


Abbildung 3.1: Doppelspalt



Abbildung 3.2: Dreifachspalt

### 3.3 Strichgitter

Hier bestimmen wir nun die Gitterkonstante des Strichgitters. Dafür haben wir nun die Abstände der jeweiligen Maxima zueinander gemessen, es ergaben sich wiederum folgende Messwerte:

k	$2x_{Gitter}[mm]$	$g = \frac{k \cdot d \cdot \lambda}{x}[cm]$
1	22,1	0,0136
2	43,9	0,0137
3	66,0	0,0137

Tabelle 3.3: Messwerte

Damit bestimmt sich die Gitterkonstante im Mittel zu:

$$G = \frac{1}{g} = 73,17 \frac{1}{cm}$$

Wir erhalten also einen abweichenden Wert (Angabe:  $G = 100 \frac{1}{cm}$ ) Dies erklärt sich allgemein durch die extrem ungenaue Messung mit dem Millimeterpapier.

Die Ausleuchtung spielte dabei keine Rolle, da das Gitter räumlich homogen war. Das einzige Problem, das bei der Ausleuchtung auftreten könnte ist, dass der Laserstrahl nicht senkrecht auf das Gitter auftrifft und somit die Messwerte beeinflussen könnte, da schräger Einfall zu einer größeren effektiven Gitterkonstante  $G$  führt und die Interferenzbedingungen beeinflusst werden.

### 3.4 Kreuz- und Wabengitter

Wie erwartet erhielten wir für das Kreuzgitter folgendes Beugungsbild:



Abbildung 3.3: Kreuzgitter

Für das Wabengitter erhielten wir dieses Beugungsbild:

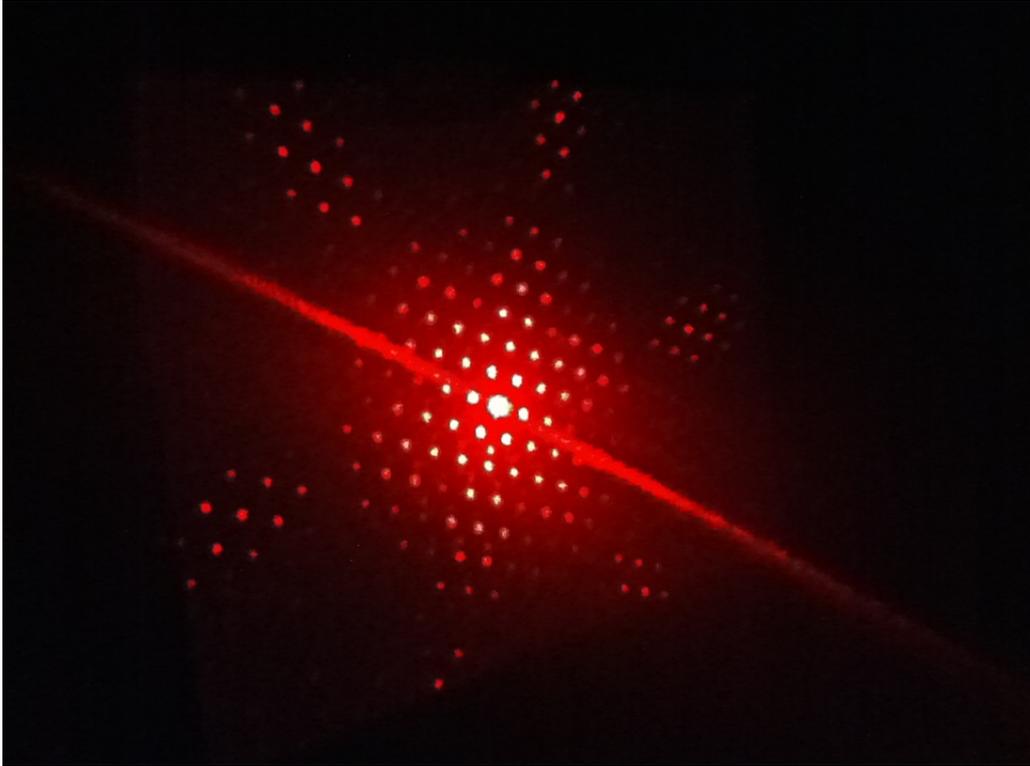


Abbildung 3.4: Wabengitter

Der klare strukturelle Unterschied ist hier eindeutig zu erkennen.

## 4 Beugungsordnungen

Wir bildeten das obige Strichgitter nun mit einer Linse auf den Schirm ab und platzierten wie beschrieben eine Blende in der Brennebene der Linse auf der Bildseite. Schlossen wir nun diese Blende und öffneten sie langsam wieder, so konnten wir nach und nach höhere Beugungsordnungen auf den Schirm abbilden. War die Blende beinahe geschlossen, so wurde nur die nullte Beugungsordnung durchgelassen und es zeigte sich nur ein homogener, heller Lichtfleck. Wie erwartet ist also in der nullten Beugungsordnung keinerlei Information über die Struktur des beugenden Objekts vorhanden. Erst mit höheren Ordnungen zeichneten sich langsam die erwartete Strichform auf dem Schirm ab.

## 5 Holographie

Die genaue Funktionsweise der Holographie wurde bereits im Vorprotokol genau beschrieben. Hier sollte nun lediglich die Bildrekonstruktion gezeigt werden. Dafür bestrahlten wir mit dem aufgeweiteten Laserstrahl das Holgram und machten das Bild somit sichtbar. Dabei war die räumliche Struktur des virtuellen Bildes klar zu erkennen. Durch Veränderung des Blickwinkels konnte man auch Teile des Objekts sehen, die davor nicht sichtbar waren. Beim Abdecken eines Teils des Holograms konnte, wie erwartet, dennoch das gesamte Bild gesehen werden.



Abbildung 5.1: Hologram

Außerdem beobachteten wir ein Weißlichthologram. Je nach Blickwinkel veränderte es die Farbe. Eigentlich kann das Bild eines Holograms nur durch Licht einer bestimmten Wellenlänge rekonstruiert werden, jedoch bestand dieses Hologram aus mehreren Schichten, die nur unter einem bestimmten Blickwinkel und einer bestimmten Wellenlänge konstruktive Interferenz zuließen. Dadurch konnte das Bild auch mit «weißem» Licht rekonstruiert werden.