

# VERSUCHSBERICHT ZU

## O7 - BEUGUNG AM SPALT, DOPPELSPALT UND GITTER

Gruppe 14Mo

Alexander Neuwirth (E-Mail: a\_neuw01@wwu.de)  
Leonhard Segger (E-Mail: l\_segg03@uni-muenster.de)

durchgeführt am 23.04.2018  
betreut von  
Lukas Britt

29. April 2018

# Inhaltsverzeichnis

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>Kurzfassung</b>                                  | <b>3</b> |
| <b>2</b> | <b>Methoden</b>                                     | <b>3</b> |
| <b>3</b> | <b>Ergebnisse und Diskussion</b>                    | <b>3</b> |
| 3.1      | Beobachtung . . . . .                               | 3        |
| 3.1.1    | Bestimmen der Wellenlänge des Laserlichts . . . . . | 3        |
| 3.1.2    | Gitterzeug . . . . .                                | 6        |
| 3.2      | Diskussion . . . . .                                | 9        |
| <b>4</b> | <b>Schlussfolgerung</b>                             | <b>9</b> |

# 1 Kurzfassung

Für die Wellenlänge des Laserlichts erwarten wir eine Wellenlänge von 630 nm bis 680 nm, da dies die Angabe auf dem Laser war. Bei der Intensitätsverteilung eines Einzelspalts ist ein Verlauf gemäß der Funktion  $(\sin \beta / \beta)^2$  zu erwarten. Beim Doppelspalt erwartet man eine Oszillation mit der Intensitätsverteilung des Einzelspalts mit selber Spaltbreite als einhüllende Funktion. Der Vergleich der Intensitätsverteilung von Doppelspalten mit verschiedenen Spaltabständen und Spaltbreiten sollte sich in der Erwartung wie in der Theorie verhalten (vgl. ??).

## 2 Methoden

In Abb. 1 ist der Aufbau des Experiments illustriert. An einem Ende der optischen Bank befindet sich ein Diodenlaser und davor ein Polarisator und der Halter für Spalte. Am anderen Ende der optischen Bank ist eine durch eine Kurbel senkrecht zu optischen Bank zu bewegend Photodiode angebracht. Die Halterung der Photodiode ist über ein Seil mit einem Rad verbunden, um die Intensitätsmessung der Diode mit der Position der Diode im Strahlengang zu verbinden. Nun kann eine Spaltanordnung in die Halterung gebracht werden und durch Bewegung der Photodiode über die optische Bank die Intensitätsverteilung der Spalte bestimmt werden. Dies wurde für unterschiedliche Spalte durchgeführt.

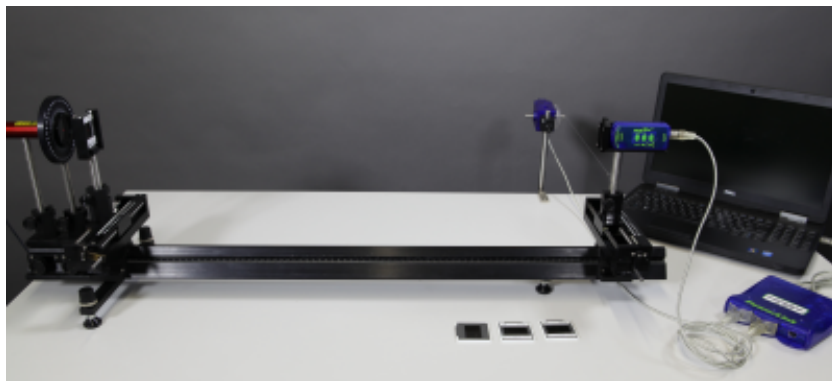


Abbildung 1: Aufbau der optischen Bank. Auf der linken Seite sind Laser und Beugungsanordnung und auf der rechten Seite die Photodiode zu sehen.[1]

## 3 Ergebnisse und Diskussion

### 3.1 Beobachtung

#### 3.1.1 Bestimmen der Wellenlänge des Laserlichts

In Abschnitte 3.1.1 bis 3.1.1 sind für Einzelspalte der Breite  $b = 0,075 \text{ mm}$ ,  $0,15 \text{ mm}$  und  $0,4 \text{ mm}$  die Intensitätsverteilungen dargestellt. Die Unsicherheit der Breite wird mit 1%

abgeschätzt. Mit Gleichung (1) lässt sich aus der Positionen von einem Minimum (  $m = \pm 1, \pm 2, \dots$ ) oder Maximum (  $m = \pm 1, 5, \pm 2, 5, \dots$ ) die Wellenlänge  $\lambda$  berechnen.

$$\sin(\vartheta) = m \frac{\lambda}{b} \quad (1)$$

Der Winkel  $\sin(\vartheta)$  ergibt sich nach Gleichung (2) aus dem Abstand des Gitters zum Schirm  $d = (0,780 \pm 0,009)$  m und der Position des Extremas  $x$ .

$$\sin(\vartheta) = \frac{x}{\sqrt{d^2 + x^2}} \quad (2)$$

Für die Wellenlänge folgt:

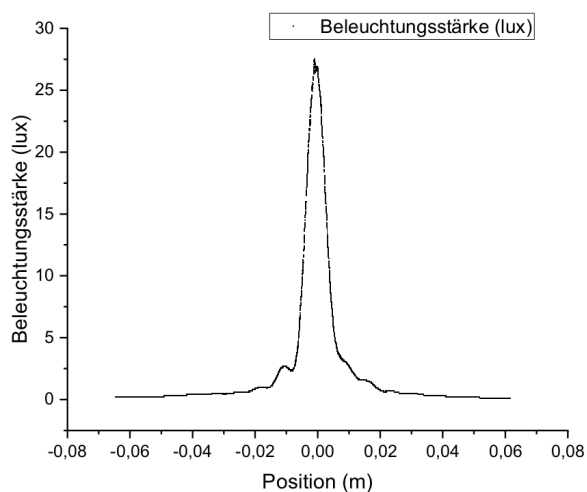
$$\lambda = \frac{b}{m \sqrt{(d/x)^2 + 1}} \quad (3)$$

$$u(\lambda) = \frac{\lambda}{d^2 + x^2} \sqrt{\left(\frac{d^2}{x} u(x)\right)^2 + \left(\frac{(d^2 + x^2)}{b} u(b)\right)^2 + (du(d))^2} \quad (4)$$

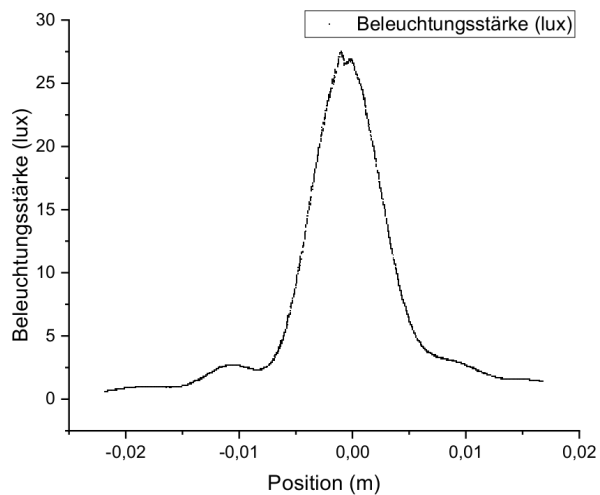
Tabelle 1: Aus Extrema ermittelte Wellenlängen für verschiedene Spaltbreiten.

| $b$                      | $m$  | $ x $                | $\lambda$         |
|--------------------------|------|----------------------|-------------------|
| $(0,0750 \pm 0,0008)$ mm | -1,5 | $(10,0 \pm 0,2)$ mm  | $(641 \pm 16)$ nm |
| $(0,0750 \pm 0,0008)$ mm | -1,0 | $(7,5 \pm 0,2)$ mm   | $(673 \pm 22)$ nm |
| $(0,1500 \pm 0,0015)$ mm | 1,5  | $(5,0 \pm 0,2)$ mm   | $(641 \pm 27)$ nm |
| $(0,1500 \pm 0,0015)$ mm | 1,0  | $(4,0 \pm 0,2)$ mm   | $(770 \pm 40)$ nm |
| $(0,1500 \pm 0,0015)$ mm | -1,5 | $(4,9 \pm 0,2)$ mm   | $(628 \pm 27)$ nm |
| $(0,1500 \pm 0,0015)$ mm | -1,0 | $(3,5 \pm 0,2)$ mm   | $(673 \pm 40)$ nm |
| $(0,1500 \pm 0,0015)$ mm | 2,5  | $(9,0 \pm 0,2)$ mm   | $(692 \pm 19)$ nm |
| $(0,1500 \pm 0,0015)$ mm | 2,0  | $(7,0 \pm 0,2)$ mm   | $(673 \pm 22)$ nm |
| $(0,1500 \pm 0,0015)$ mm | -2,5 | $(8,0 \pm 0,2)$ mm   | $(615 \pm 18)$ nm |
| $(0,1500 \pm 0,0015)$ mm | -2,0 | $(7,0 \pm 0,2)$ mm   | $(673 \pm 22)$ nm |
| $(0,400 \pm 0,004)$ mm   | 1,5  | $(1,80 \pm 0,02)$ mm | $(615 \pm 16)$ nm |
| $(0,400 \pm 0,004)$ mm   | 1,0  | $(1,30 \pm 0,02)$ mm | $(667 \pm 14)$ nm |
| $(0,400 \pm 0,004)$ mm   | -1,5 | $(1,90 \pm 0,02)$ mm | $(650 \pm 12)$ nm |
| $(0,400 \pm 0,004)$ mm   | -1,0 | $(1,30 \pm 0,02)$ mm | $(667 \pm 14)$ nm |

Der Mittelwert der Wellenlängen aus Tabelle 1 beträgt  $\bar{\lambda} = (663 \pm 11)$  nm.

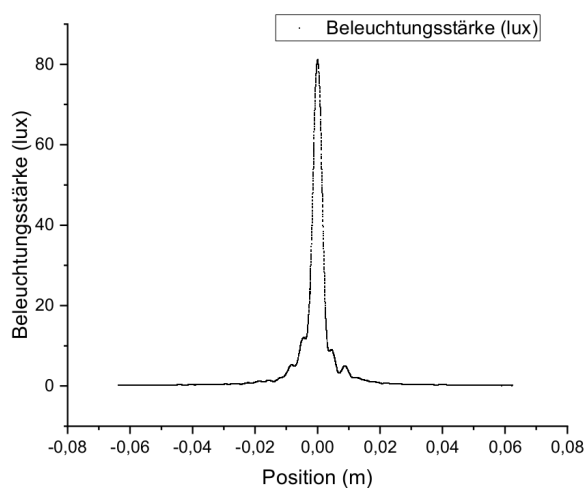


(a) Gesamte Messung

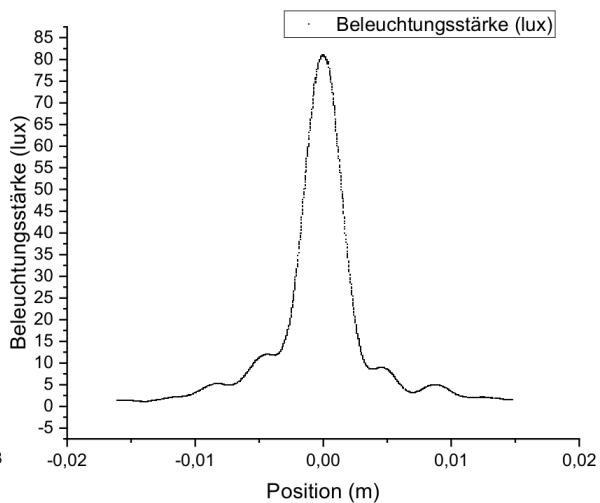


(b) Ersten Extrema

Abbildung 2: Intensitätsverteilung für einen Einzelspalt mit der Spaltbreite  $b = 0,075$  mm.



(a) Gesamte Messung



(b) Ersten Extrema

Abbildung 3: Intensitätsverteilung für einen Einzelspalt mit der Spaltbreite  $b = 0,15$  mm.

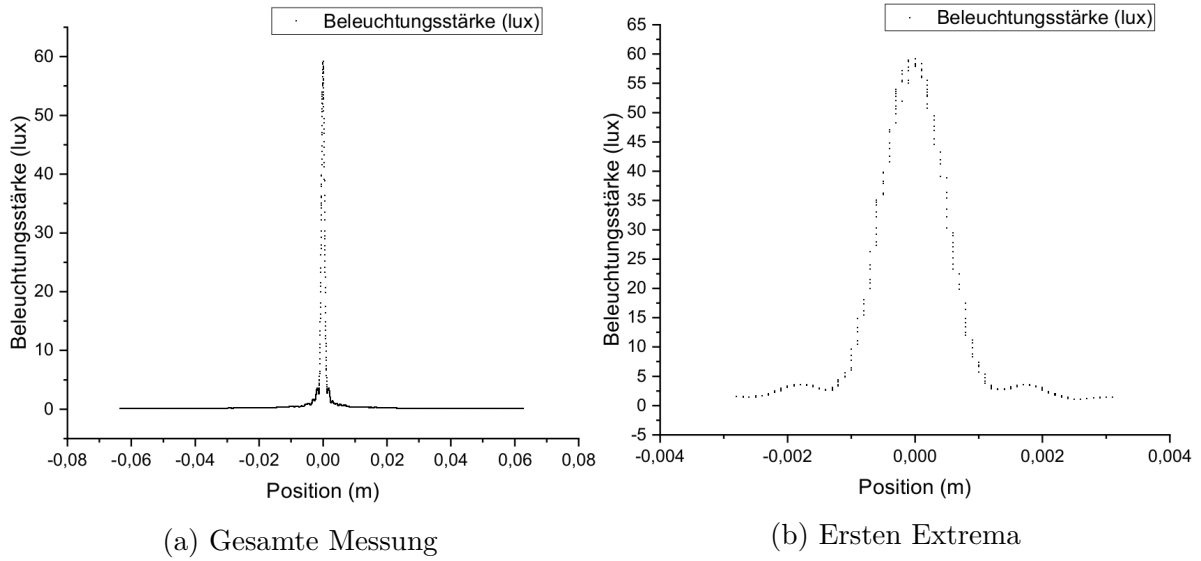


Abbildung 4: Intensitätsverteilung für einen Einzelspalt mit der Spaltbreite  $b = 0,4$  mm.

### 3.1.2 Gitterzeug

In Abb. 5 sind die Intensitätsverteilungen von Mehrfachspalten mit  $N = 3, 4, 5$  und 40 dargestellt. Zusätzlich sind in Tabelle 2 die Intensitäten der ersten zwei Hauptmaxima und deren Halbwertsbreite aufgeführt.

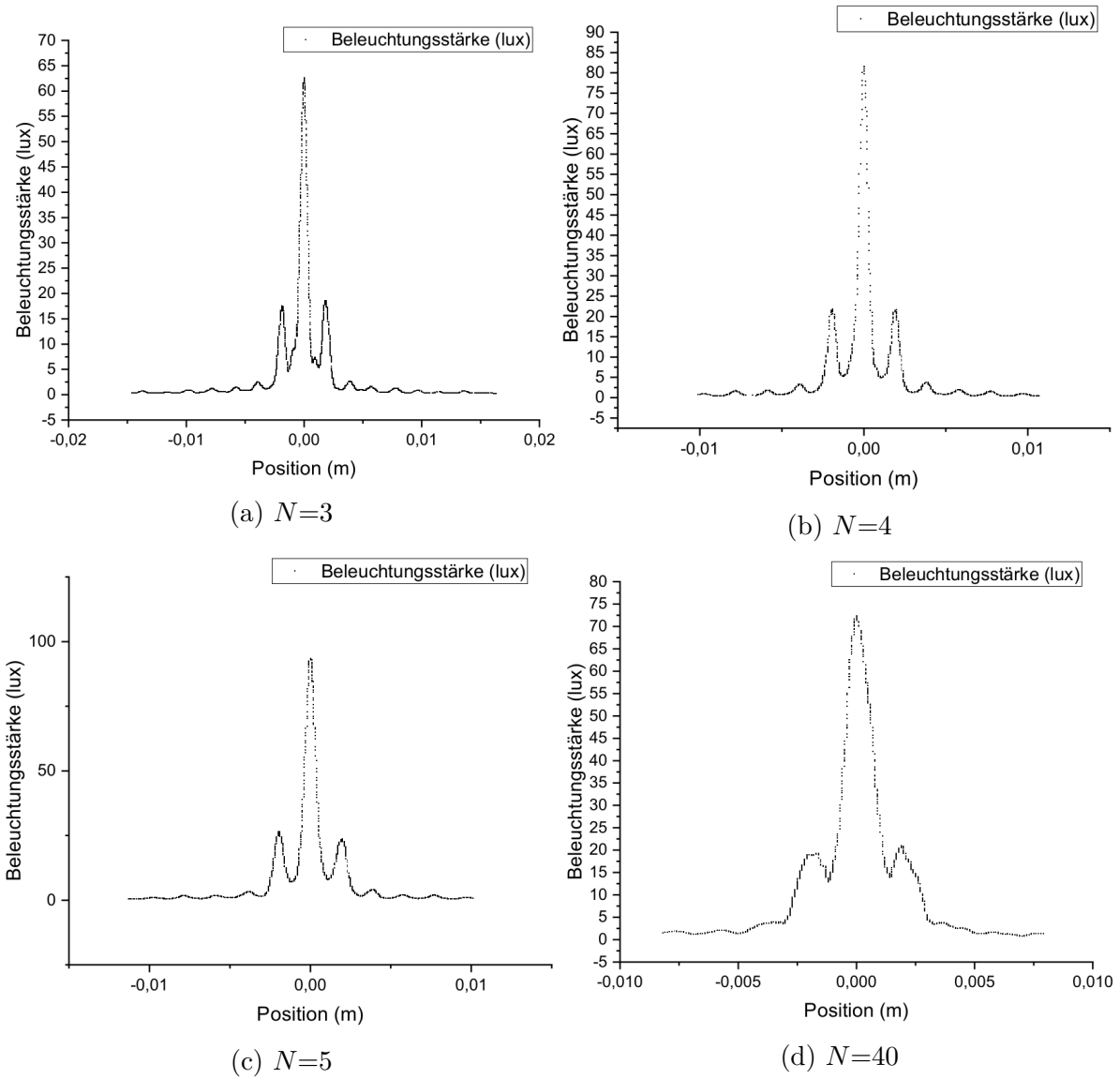


Abbildung 5: Intensitätsverteilungen verschiedener Mehrfachspalte ( $b=0,15$  mm,  $g=0,25$  mm).

Tabelle 2: Intensitäten und Halbwertsbreiten der Maxima unterschiedlicher Mehrfachspalte ( $b=0,15$  mm,  $g = 0,25$  mm).

| $N$ | Intensität 0.HM      | Intensität 1.HM      | Halbwertsbreite               |
|-----|----------------------|----------------------|-------------------------------|
| 3   | $(62,6 \pm 0,5)$ lux | $(18,5 \pm 0,5)$ lux | $(0,000\,60 \pm 0,000\,02)$ m |
| 4   | $(81,6 \pm 0,5)$ lux | $(21,8 \pm 0,5)$ lux | $(0,000\,60 \pm 0,000\,02)$ m |
| 5   | $(93,4 \pm 0,5)$ lux | $(23,7 \pm 0,5)$ lux | $(0,000\,80 \pm 0,000\,02)$ m |
| 40  | $(72,3 \pm 0,5)$ lux | $(18,9 \pm 0,5)$ lux | $(0,001\,40 \pm 0,000\,02)$ m |

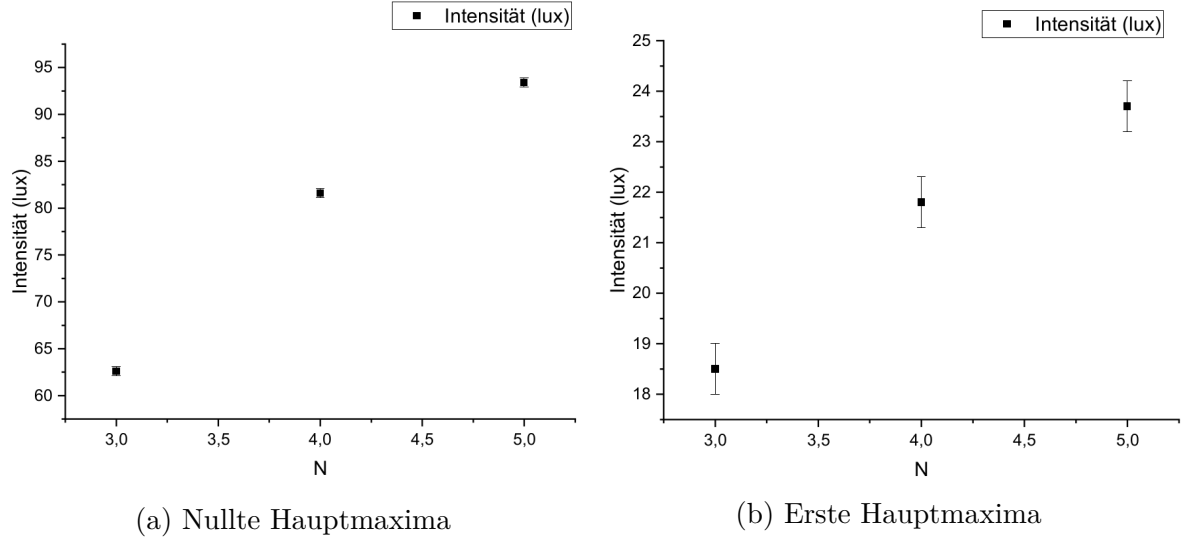


Abbildung 6: Intensitäten der Maxima unterschiedlicher Mehrfachspalte ( $b = 0,15$  mm,  $g=0,25$  mm).

Der Formfaktor wurde in dem Theorieteil wie folgt definiert:

$$I_m \propto \left[ \frac{\sin(m\pi b/g)}{m\pi b/g} \right]^2 \quad (5)$$

Folglich ist

$$I_1/I_0 = \left[ \frac{\sin(\pi b/g)}{\pi b/g} \right]^2 \quad (6)$$

und es lässt sich das Verhältnis  $b/g$  bestimmen indem man  $\text{sinc}(\pi x)$  graphisch gleich dem Verhältnis  $I_1/I_0$  setzt (unter der einschränkenden Voraussetzung  $b/g < 1$ , da  $\text{sinc}(x)$  sonst nicht umkehrbar ist).

Ein Hauptmaximum erster Ordnung erfüllt die Bedingung

$$\sin(\vartheta) = \pm \frac{\lambda}{g} \quad (7)$$

somit lässt sich aus der Position des Hauptmaximums mit Gleichung (2) und der Wellenlänge  $\lambda$  die Gitterkonstante  $g$  bestimmen.

$$g = \lambda \sqrt{(d/x)^2 + 1} \quad (8)$$

$$u(g) = g \sqrt{\left( \frac{u(\lambda)}{\lambda} \right)^2 + \left( \frac{u(d)d}{d^2 + x^2} \right)^2} \quad (9)$$

Tabelle 3: Verhältnis zwischen erstem und nulltem Hauptmaximum.

| N         | 3                 | 4                 | 5                 | 40                |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| $I_1/I_0$ | $0,290 \pm 0,008$ | $0,270 \pm 0,006$ | $0,250 \pm 0,005$ | $0,260 \pm 0,007$ |
| $b/g$     | $0,570 \pm 0,005$ | $0,590 \pm 0,005$ | $0,600 \pm 0,005$ | $0,600 \pm 0,005$ |



## 3.2 Diskussion

# 4 Schlussfolgerung

## Literatur

- [1] WWU Münster. *Darstellung der optischen Bank*. URL: [https://sso.uni-muenster.de/LearnWeb/learnweb2/pluginfile.php/1334737/mod\\_label/intro/Aufbau%20mit%20Computer.png](https://sso.uni-muenster.de/LearnWeb/learnweb2/pluginfile.php/1334737/mod_label/intro/Aufbau%20mit%20Computer.png) (besucht am 25.04.2018).