

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

1	Kurzfassung	3
2	Methoden	3
3	Ergebnisse und Diskussion	4
3.1	Beobachtung	4
3.1.1	Bestimmen der Wellenlänge des Laserlichts	4
3.1.2	Gitterzeug	6
3.2	Diskussion	9
3.2.1	Wellenlänge des Lasers	9
3.2.2	Vergleich von Einzelspalt und Doppelspalt	9
3.2.3	Vergleich verschiedener Doppelspalte	10
4	Schlussfolgerung	10

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 λ 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 $d = (0,780 \pm 0,009) \text{ m}$ und der Position des Extremas x .

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

Für die Wellenlänge folgt:

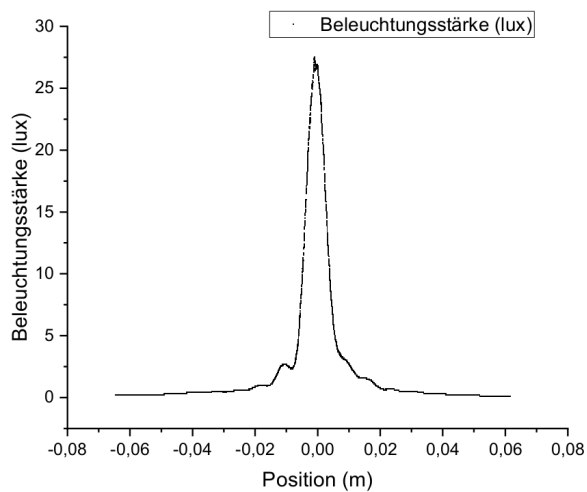
$$\lambda = \frac{b}{m \sqrt{(d/x)^2 + 1}} \quad (3)$$

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

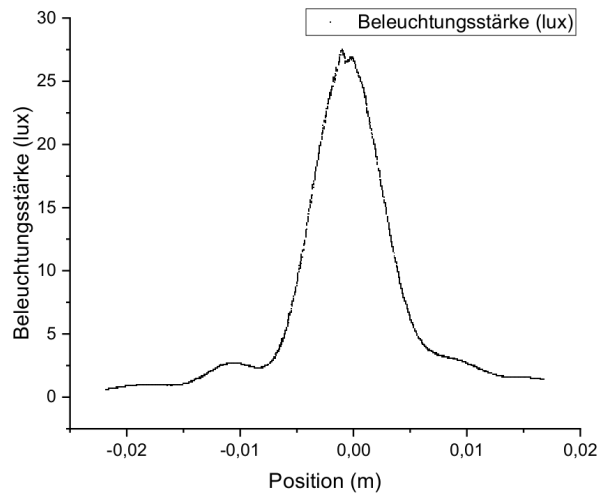
Tabelle 1: Aus Extrema ermittelte Wellenlängen für verschiedene Spaltbreiten.

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

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

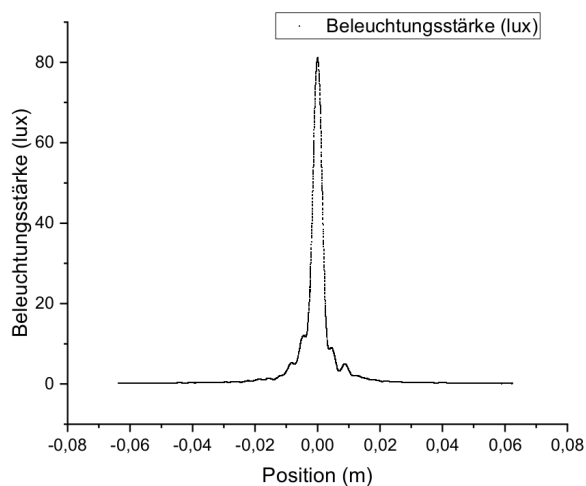


(a) Gesamte Messung

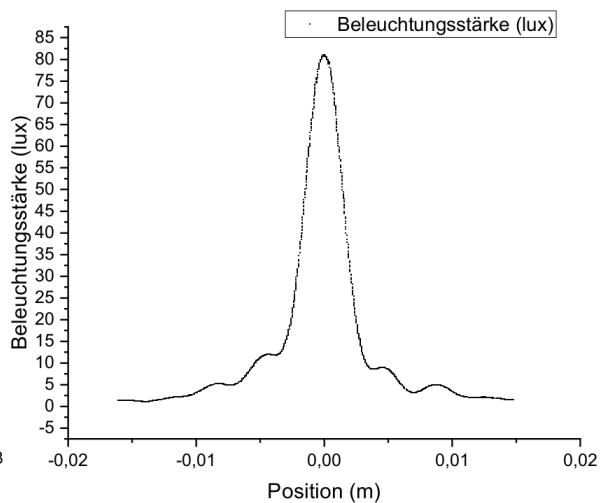


(b) Extrema niedriger Ordnung

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



(a) Gesamte Messung



(b) Extrema niedriger Ordnung

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

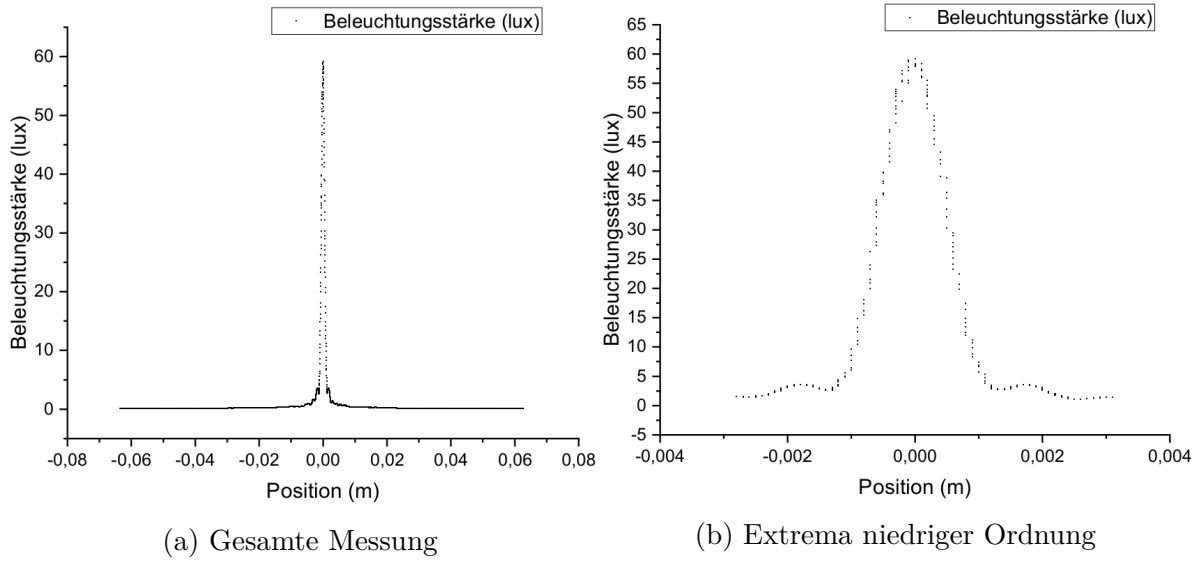


Abbildung 4: Intensitätsverteilung für einen Einzelspalt mit der Spaltbreite $b = 0,4 \text{ mm}$.

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.

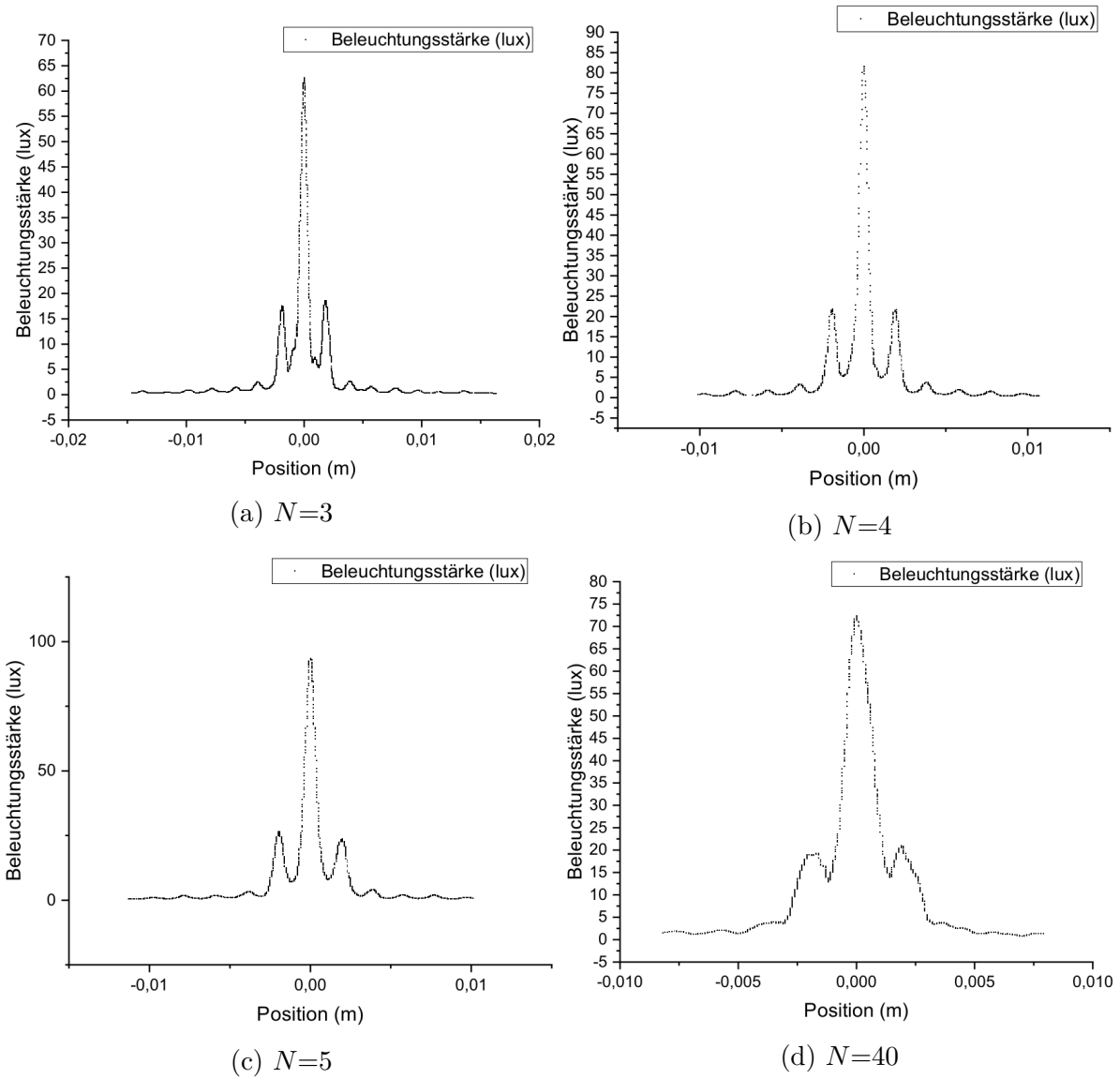


Abbildung 5: Intensitätsverteilungen verschiedener Mehrfachspalte ($b=0,15$ mm, $g=0,25$ mm).

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

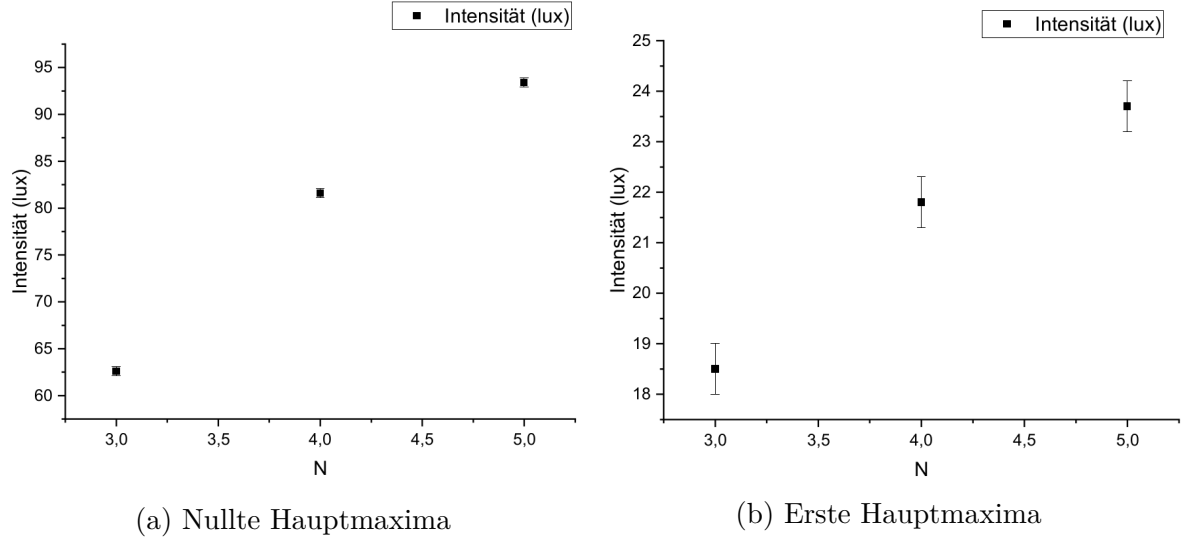


Abbildung 6: Intensitäten der Maxima unterschiedlicher Mehrfachspalte ($b = 0,15$ mm, $g=0,25$ mm).

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 λ 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

3.2.1 Wellenlänge des Lasers

Aus den Extrema der Einzelspalte wurde eine Wellenlänge des Lasers von (663 ± 11) nm bestimmt. Dies deckt sich mit der Angabe von 630 nm bis 680 nm auf dem Laser.

3.2.2 Vergleich von Einzelspalt und Doppelspalt

Wenn man die Intensitätsverteilung eines Einzelspalts mit $b = 0,15$ mm (vgl. Abschnitt 3.1.1) mit einem Doppelspalt mit gleicher Spaltbreite vergleicht (vgl. Abschnitt 3.2.2), lässt sich erkennen, dass die Maxima höherer Ordnung des Doppelspalts eine deutlich höhere Intensität verglichen mit dem Maxima nullter Ordnung haben als beim Einzelspalt. Außerdem liegen die Maxima bei unterschiedlichen Positionen, was der Theorie entspricht, da sie von g abhängig sind. Dass die Einhüllende des Doppelspalts der Intensitätsverteilung des Einzelspalts entspricht, lässt sich aus den Messungen nicht hinreichend eindeutig ablesen.

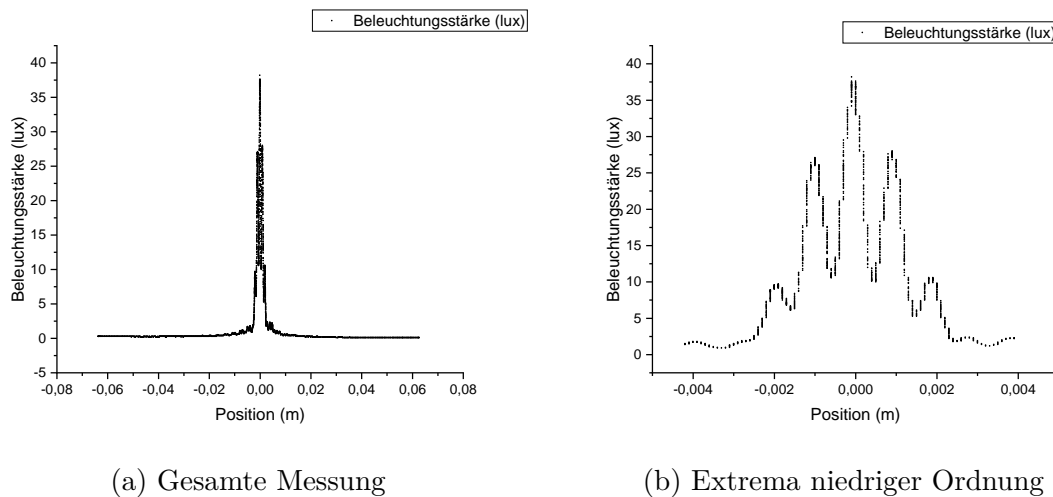
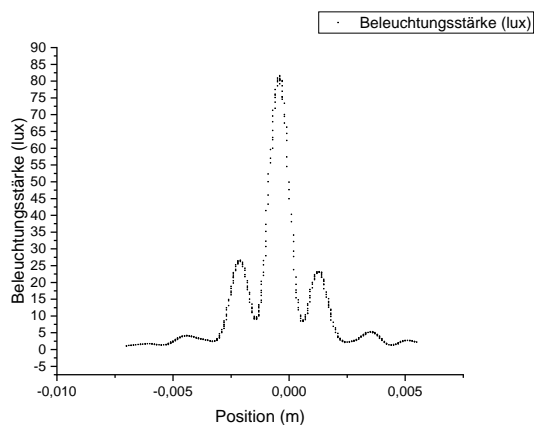
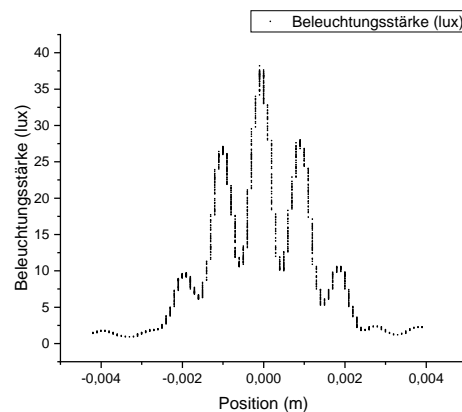


Abbildung 7: Intensitätsverteilung für einen Doppelspalt mit der Spaltbreite $b = 0,15$ mm und $g = 0,5$ mm .

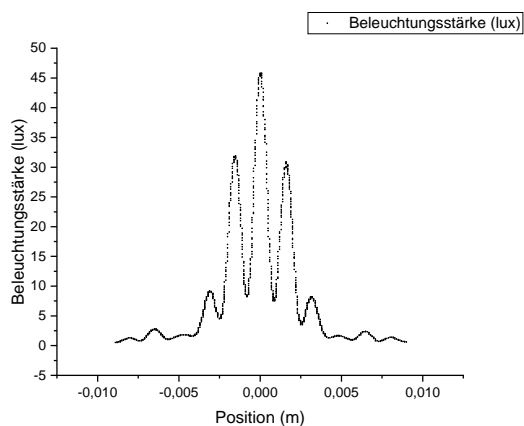
3.2.3 Vergleich verschiedener Doppelspalte



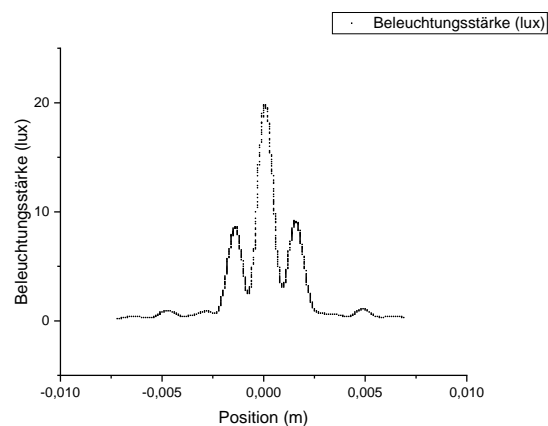
(a) $b = 0,15 \text{ mm}$, $g = 0,25 \text{ mm}$



(b) $b = 0,15 \text{ mm}$, $g = 0,5 \text{ mm}$



(c) $b = 0,1 \text{ mm}$, $g = 0,3 \text{ mm}$



(d) $b = 0,15 \text{ mm}$, $g = 0,3 \text{ mm}$

Abbildung 8: Intensitätsverteilungen verschiedener Doppelspalte.

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 (besucht am 25.04.2018).