

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Versuchsbeschreibung und Physikalische Grundlagen</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Versuchsdurchführung und Auswertung</b>	<b>3</b>
2.1	Ermittlung der Laserwellenlänge durch Beugung am Gitter . . . . .	3
2.2	Beugung am Spalt und Ermittlung dessen Breite . . . . .	4
2.3	Überprüfung des Auflösungsvermögen nach Ernst Abbe . . . . .	5
2.4	Beugungsbild hinter einer Lochblende . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Ergebnis- und Fehlerdiskussion</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Literatur</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Anhang</b>	<b>7</b>
5.1	Partielle Ableitungen . . . . .	7
5.1.1	Beugung am Gitter . . . . .	7
5.1.2	Beugung am Spalt . . . . .	7
5.2	Mess- und Theoriewerte für Beugung an der Lochblende . . . . .	8
5.3	Messdatenprotokoll aus dem Versuch . . . . .	11



# 1 Versuchsbeschreibung und Physikalische Grundlagen

Im zu bearbeitenden Experiment sollte verschiedenes Beugungsverhalten von monochromatischem kohärenten Licht (Laserlicht) untersucht werden. Dazu war ein Helium-Neon-Laser (Inv.-Nr. HPR01768) auf einer optischen Bank montiert, auf der verschiedene optische Werkzeuge angebracht werden konnten. Gegenüber dem Laser, am Ende der optischen Bank, befand sich ein Schirm, auf dem die Beugungsfiguren abgebildet wurden.

Zuerst sollte die Beugung an einem Gitter untersucht werden. Die Theorie sagt für diesen Teilversuch ein Beugungsbild mehrerer deutlicher Intensitätsmaxima voraus. Durch eine Regression über die Abstände der Maxima  $k$ -ter Ordnung zum Hauptmaximum soll hieraus die Wellenlänge des Lasers errechnet werden.

Mit der nun bekannten Wellenlänge kann die Beugung des Lichtes an einem Spalt betrachtet werden. Hier wird eine Verteilung von mehreren deutlichen Minima um das Hauptmaximum erwartet. Aus den relativen Lagen der Minima zum Hauptmaximum kann die Spaltbreite ermittelt werden, wiederum bietet sich hier eine lineare Regression an.

Im weiteren Verlauf sollte die Anordnung dergestalt justiert werden, dass der Laser durch eine Sammellinse auf ein Gitter fällt, durch eine verstellbare Blende die entstehenden Maxima aussortiert werden konnten, diese dann durch eine Zylinderlinse auf den Schirm fielen, wo ein Abbild des Gitters zu erwarten war. Nach Ernst Abbe sollte diese Abbildung nur zu sehen sein, wenn mindestens zwei Maxima durch die zweite Blende fallen. Diese Theorie sollte überprüft werden.

Zuletzt wurde auf der optischen Bank eine Lochblende montiert. Durch dieses optische Modul sollte auf dem Schirm eine ringförmige Verteilung von Intensitätsmaxima zu beobachten sein.

Eine ausführliche Beschreibung des Experimentes findet sich in [1], S.65-69.

## 2 Versuchsdurchführung und Auswertung

### 2.1 Ermittlung der Laserwellenlänge durch Beugung am Gitter

Zuerst musste die Anlage justiert werden, wozu einmalig die Lochblende eingesetzt wurde. Die Position des Lasers wurde so eingestellt, dass der Strahl über die Länge der optischen Bank exakt in der Mitte der Lochblende stand.

Danach ersetzten wir das Blendenelement durch ein Gitter mit der Gitterkonstanten

$$g = 10 \mu\text{m},$$

wodurch auf dem Schirm, abgesehen vom 0. Hauptmaximum in der Mitte, acht Maxima sichtbar wurden, die sich in der Ebene senkrecht zum Schirm und senkrecht zu den Gitterstäben abbildeten. Für die Lage eines Maximums der Ordnung  $k$  gilt nach [1], S.66, Gleichung (4)

$$\sin \alpha_k = k \frac{\lambda}{g}. \quad (1)$$

Der Lagewinkel errechnet sich nach einfacher Geometrie zu

$$\alpha_k = \arctan \frac{x}{d}, \quad (2)$$

wenn  $x$  der Abstand des  $k$ -ten Maximums zur Mitte des nullten Maximums und  $d$  der Abstand zwischen Gitter und Schirm ist. Das Gitter befand sich in der Mitte einer Halterung mit Sockelbreite  $s_G = (3.5 \pm 0.1) \text{ cm}$ , der Schirm in einem Sockel der Breite  $s_S = (6.0 \pm 0.1) \text{ cm}$ . Diese Sockel hatten einen Abstand von  $d_S = (107.9 \pm 1) \text{ cm}$ . Diese Werte wurden mit einem Holzlineal bzw. einem Zollstock gemessen, für die sich als Unsicherheit die Summe aus zufälligem und systematischem Fehler von je 0.5 mm zu 0.1 cm ergab. Damit hat der Abstand zwischen Gitter und Schirm den Wert

$$\begin{aligned} d &= \frac{s_G}{2} + \frac{s_S}{2} + d_S \\ &= (112.7 \pm 0.2) \text{ cm}. \end{aligned}$$

Der Abstand  $x$  wurde wiederum mit einem Holzlineal aufgenommen, weswegen auch er eine Unsicherheit von 0.1 cm besitzt.

Setzt man (2) in (1) ein und legt  $\lambda_k = k \cdot \lambda$  fest, so ergibt sich eine Abhängigkeit der Form

$$\lambda_k = g \cdot \sin\left(\arctan\left(\frac{x}{d}\right)\right),$$

für die ein linearer Zusammenhang zwischen der Ordnung  $k$  und  $\lambda_k$  mit der Proportionalitätskonstanten  $\lambda$  vermutet wird. Die Unsicherheit der Größe  $\lambda_k$  errechnet sich nach der Gauß'schen Fehlerfortpflanzung zu

$$u_{\lambda_k} = \sqrt{\left(u_x \frac{\partial \lambda_k}{\partial x}\right)^2 + \left(u_d \frac{\partial \lambda_k}{\partial d}\right)^2},$$

wobei die partiellen Ableitungen so wie alle partiellen Ableitungen dieses Dokuments Abschnitt 5.1 zu entnehmen sind. In der folgenden Tabelle 1 sind Messwerte sowie Ergebnisse dargestellt. Die Unsicherheitssterme der einzelnen Größen  $u_i \left| \frac{\partial f}{\partial x_i} \right|$  werden ebenfalls angegeben, um zu sehen, was die größte Auswirkung auf die Endunsicherheit hat.

$k$	$x_k$ [cm]	$u_x \cdot \frac{\partial \lambda_k}{\partial x}$ [nm]	$u_d \cdot \frac{\partial \lambda_k}{\partial d}$ [nm]	$\lambda_k$ [nm]	$u_{\lambda_k}$ [nm]
1	7.1	8.8	1.11	629	9
2	14.2	8.7	2.19	1251	9
3	21.7	8.4	3.24	1892	9
4	29.4	8.0	4.2	2525	9
-1	-7.1	8.8	-1.11	-629	9
-2	-14.2	8.7	-2.19	-1251	9
-3	-21.7	8.4	-3.24	-1892	9
-4	-29.3	8.0	-4.19	-2517	9

Tabelle 1: Wellenlängenabhängigkeit  $k \cdot \lambda$

Eine lineare Regression ohne Offset über diese Daten mit der Modellfunktion  $\lambda(k) = \lambda \cdot k$  liefert die Laserwellenlänge

$$\lambda = (630.0 \pm 0.7) \text{ nm} \quad (3)$$

## 2.2 Beugung am Spalt und Ermittlung dessen Breite

Im zweiten Teil des Versuches wurde ein Spalt der Breite  $b$  auf der optischen Bank befestigt, an dem nun das Laserlicht gebeugt wurde. Mit einem senkrecht zur optischen Achse verstellbaren Lichtsensor konnte das Beugungsbild in Hundertstelmillimeter-Schritten untersucht werden, wobei es hier wichtig war, die Minima des Bildes zu ermitteln. Ein an den Lichtsensor angeschlossenes Amperemeter wurde beobachtet, erreichte der Sensor ein Minimum, wechselte der Zeiger die Richtung. Im Folgenden sind die Lagen der Minima aufgelistet, ihre Unsicherheit wird als ein Skalenteil zu  $u_x = 0.01$  mm festgelegt.

Regressiert man linear über diese Daten, so erhält man die Lage des 0. Minimums

$$x_0 = (6.4 \pm 0.1) \text{ mm},$$

sodass sich die relative Lage der Minima im Bezug zum Hauptminimum als  $x_r = x - x_0$  ergibt, mit der Unsicherheit  $u_{x_r} = 0.1$  mm. Nach [1], S. 66, Gleichung (2) gilt für die Lage der Minima

$$\sin(\alpha_k) = k \cdot \frac{\lambda}{b}. \quad (4)$$

$k$	$x$ [mm]
-1	1.39
1	11.46
2	16.18
3	21.06
4	26.02
5	30.88
6	35.98
7	41.05
8	45.86

Tabelle 2: Lage  $x$  des  $k$ -ten Minimums

Aus (2) und (4) erhält man die Beziehung

$$b_k^{-1} = \frac{1}{\lambda} \cdot \sin\left(\arctan\left(\frac{x}{d}\right)\right),$$

wenn  $b_k^{-1} = \frac{k}{b}$  gilt. Die Unsicherheit dieser Größe errechnet sich nach Gauß zu

$$u_{b_k^{-1}} = \sqrt{\left(u_x \frac{\partial b_k^{-1}}{\partial x}\right)^2 + \left(u_d \frac{\partial b_k^{-1}}{\partial d}\right)^2 + \left(u_\lambda \frac{\partial b_k^{-1}}{\partial \lambda}\right)^2}.$$

Als Abstand zwischen Spalt und Lichtsensor wurde auf gleiche Weise wie im ersten Teilversuch  $d = (153.2 \pm 0.2)$  cm gemessen. Die Wellenlänge ist Gleichung (3) zu entnehmen. Damit ergibt sich folgende Tabelle 3.

$k$	$x_r$ [mm]	$u_x \cdot \frac{\partial b_k^{-1}}{\partial x}$ [m <sup>-1</sup> ]	$u_d \cdot \frac{\partial b_k^{-1}}{\partial d}$ [m <sup>-1</sup> ]	$u_\lambda \cdot \frac{\partial b_k^{-1}}{\partial \lambda}$ [m <sup>-1</sup> ]	$b_k^{-1}$ [m <sup>-1</sup> ]	$u_{b_k^{-1}}$ [m <sup>-1</sup> ]
-1	-4.97	171	2382	1782	-5155	2980
1	5.10	171	2382	1782	5288	2980
2	9.82	171	2382	1782	10182	2980
3	14.70	171	2382	1782	15243	2980
4	19.66	171	2382	1782	20385	2980
5	24.52	171	2382	1782	25423	2980
6	29.62	171	2382	1782	30710	2980
7	34.69	171	2382	1782	35964	2980
8	39.50	171	2382	1782	40947	2980

Tabelle 3: Spaltbreitenabhängigkeit  $\frac{k}{b}$

Wieder lässt sich hier eine lineare Regression durchführen, durch die man direkt die Spaltbreite erhält

$$b = (195.4 \pm 0.3) \mu\text{m}. \quad (5)$$

### 2.3 Überprüfung des Auflösungsvermögen nach Ernst Abbe

Am Versuchsplatz unserer Gruppe konnte die Abbildung des Gitters leider nicht erreicht werden. Allerdings gelang die Justierung an einem anderen Platz. Hier konnte man sehen, dass die Gitterstruktur auf dem Schirm abgebildet wurde, sobald zwei Maxima durch die Blende hinter dem Gitter fielen. Mit nur einem Maximum konnte keine Abbildung erreicht werden. Damit gilt die Theorie Abbes als bestätigt.

## 2.4 Beugungsbild hinter einer Lochblende

In dem letzten Teil des Versuches sollte das Beugungsverhalten des Lichtes an einer Lochblende untersucht und mit der Theorie verglichen werden. Der Durchmesser  $B$  der Lochblende wurde dabei mit der Skala im Okular eines Mikroskopes, dessen Skalenteil  $l = (1.003 \pm 0.003) \cdot 10^{-2}$  mm betrug, zu

$$B = (29.084 \pm 0.084) \cdot 10^{-2} \text{ mm}$$

gemessen. Nach Montierung der Lochblende auf der optischen Bank konnte am Lichtsensor eine kreisförmige Verteilung der Intensitätsmaxima um das 0. Hauptmaximum wahrgenommen werden. Nun sollte der Sensor in Schritten von 0.25 mm über das Beugungsbild geschoben werden. Gemessen wurde dabei vom Sensorstand  $x = 0$  mm bis  $x = 27.5$  mm, wobei das Intensitätsmaximum von  $I_0 = 8100$  nA bei  $x_0 = 13.25$  mm lag und die anderen Lagen relativ zum Hauptmaximum angegeben werden. Die zugehörigen Messwerte und Rechen-ergebnisse für die theoretische Kurve finden sich im Anhang.

Nach [1], S. 66, Gleichung (5) gilt für die theoretische relative Intensitätsverteilung

$$\frac{I}{I_0} = \left( \frac{J_1(\phi/2)}{\phi/4} \right)^2,$$

wobei  $\phi$  angegeben ist als

$$\phi = \frac{2\pi B \sin \alpha_k}{\lambda}$$

und  $J_1$  die zylindrische Besselfunktion der 1. Ordnung darstellt. Der Winkel  $\alpha_k$  errechnet sich wieder aus (2). Hier ist zu bemerken, dass der Abstand  $d$  leider nicht gemessen wurde. Da sich die Lochblende sehr nah am Laser befand, wurde er abgeschätzt zu  $d = 150$  cm. Die Unsicherheiten der Mess- sowie Theoriewerte werden nicht berücksichtigt, da es sich um einen qualitativen Vergleich beider Kurven handelt. In Abbildung 1 sind beide Kurven dargestellt.

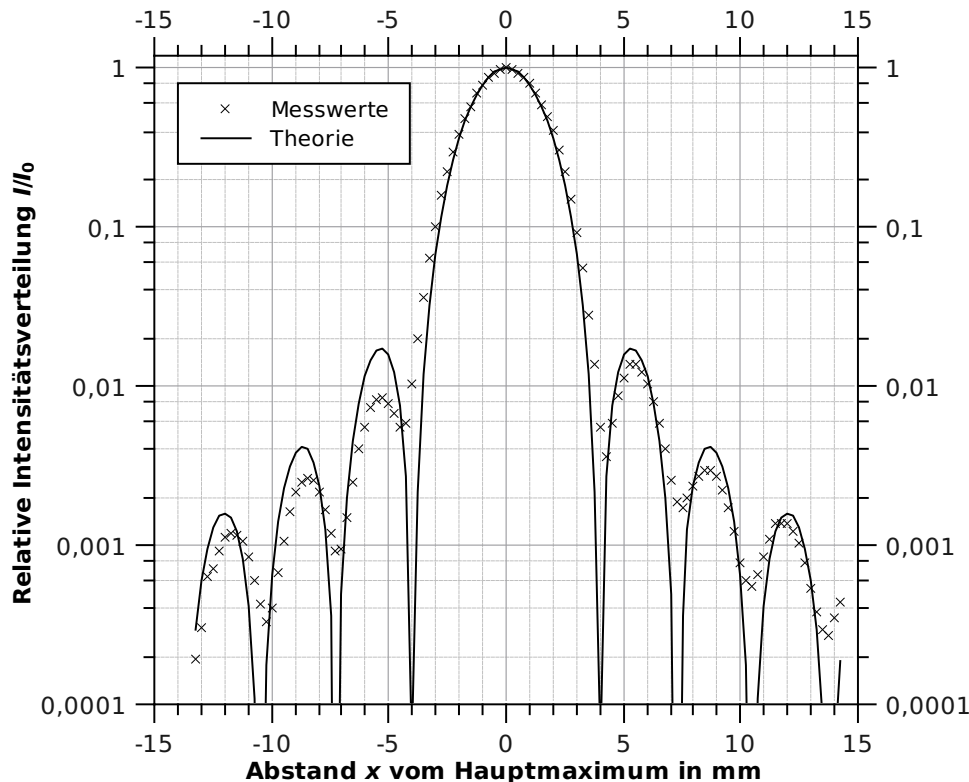


Abbildung 1: Intensitätsverteilung durch Beugung an Lochblende experimentell und theoretisch

### 3 Ergebnis- und Fehlerdiskussion

Die errechnete Wellenlänge (3) liegt im erwarteten Bereich. Die relative Abweichung zum Referenzwert von  $\lambda = 632,8 \text{ nm}$  beträgt lediglich 0.5%. Allerdings schließt die Unsicherheit des errechneten Wertes den Referenzwert nicht mit ein. Deshalb muss ein nichtberücksichtigter systematischer Fehler vorliegen. Möglicherweise liegt der Fehler hier auch in der Auswertung. Trotz vernünftig gewählter Unsicherheiten der Büromaßstäbe ergibt sich nach der linearen Regression eine zu kleine Unsicherheit der Wellenlänge. Vermutlich hätte eine gewichtete Mittelwertbildung oder eine normale Mittelwertbildung eine größere Unsicherheit und damit Konsistenz mit dem Referenzwert gebracht.

Für die Spaltbreite lag leider kein Vergleichswert vor. Ein Vergleich mit den Spaltbreiten anderer Experimentatoren der Gruppe zeigt jedoch, dass der errechnete Wert in Konsistenz mit diesen liegt. Wiederum fällt hier jedoch auf, dass die Unsicherheit der Größe durch die lineare Regression mit 0.15% sehr klein ist, obwohl die Unsicherheit der Anfangsgrößen mit teilweise sogar 56% sehr groß ist.

Der Vergleich zwischen experimenteller und theoretischer Kurve der Intensitätsverteilung hinter der Lochblende zeigt, dass Theorie und Experiment gut übereinstimmen. Zu bemerken ist, dass rechts vom Hauptmaximum die Maxima näher an der Theorie liegen als links. Allerdings können im Experiment keine Nullstellen der Intensität festgestellt werden. Dies liegt vermutlich an einer gewissen Nullintensität sowie Streulicht. Zu Bedauern ist die Unsicherheit bezüglich des Abstandes  $d$  zwischen dem Sensor und der Blende. Durch die Unbekanntheit dieses Wertes kann nur vermutet werden, dass die Theorie mit dem Experiment übereinstimmt. Ist der tatsächliche Abstand kleiner, so folgt eine Stauchung der Theoriekurve in x-Richtung, ist er größer, eine Streckung. Dieser Teil des Versuches könnte wiederholt werden, um eine größere Sicherheit zu erlangen.

### 4 Literatur

- [1] Skript: „Physikalisches Grundpraktikum - Elektrodynamik und Optik“ von Dr. Uwe Müller, Berlin 2005
- [2] Skript: „Physikalisches Grundpraktikum - Einführung in die Messung, Auswertung und Darstellung experimenteller Ergebnisse in der Physik“ von Dr. Uwe Müller, Berlin 2007

### 5 Anhang

#### 5.1 Partielle Ableitungen

##### 5.1.1 Beugung am Gitter

$$\begin{aligned}\lambda_k &= g \cdot \sin\left(\arctan\left(\frac{x}{d}\right)\right) \\ \frac{\partial \lambda_k}{\partial x} &= g \cdot \cos\left(\arctan\left(\frac{x}{d}\right)\right) \cdot \frac{1}{d + x^2/d} \\ \frac{\partial \lambda_k}{\partial d} &= -g \cdot \cos\left(\arctan\left(\frac{x}{d}\right)\right) \cdot \frac{x}{d^2 + x^2}\end{aligned}$$

##### 5.1.2 Beugung am Spalt

$$\begin{aligned}b_k^{-1} &= \frac{1}{\lambda} \cdot \sin\left(\arctan\left(\frac{x}{d}\right)\right) \\ \frac{\partial b_k^{-1}}{\partial x} &= \frac{1}{\lambda} \cdot \cos\left(\arctan\left(\frac{x}{d}\right)\right) \cdot \frac{1}{d + x^2/d} \\ \frac{\partial b_k^{-1}}{\partial d} &= -\frac{1}{\lambda} \cdot \cos\left(\arctan\left(\frac{x}{d}\right)\right) \cdot \frac{x}{d^2 + x^2} \\ \frac{\partial b_k^{-1}}{\partial \lambda} &= -\frac{1}{\lambda^2} \cdot \sin\left(\arctan\left(\frac{x}{d}\right)\right)\end{aligned}$$

## 5.2 Mess- und Theoriewerte für Beugung an der Lochblende

$x$ [mm]	$\sin(\alpha_k)$	$\frac{I}{I_0}$ Messwert	$\phi$	$\frac{I}{I_0}$ Theoriewert
-13,25	-8,83E-003	1,9136E-04	-25,62	2,9131E-004
-13	-8,67E-003	3,0247E-04	-25,14	6,0120E-004
-12,75	-8,50E-003	6,2963E-04	-24,65	9,5766E-004
-12,5	-8,33E-003	7,1605E-04	-24,17	1,2895E-003
-12,25	-8,17E-003	9,2593E-04	-23,69	1,5231E-003
-12	-8,00E-003	1,1111E-03	-23,2	1,6001E-003
-11,75	-7,83E-003	1,1975E-03	-22,72	1,4930E-003
-11,5	-7,67E-003	1,1728E-03	-22,24	1,2157E-003
-11,25	-7,50E-003	1,0494E-03	-21,75	8,2628E-004
-11	-7,33E-003	8,5185E-04	-21,27	4,1914E-004
-10,75	-7,17E-003	6,0494E-04	-20,79	1,0784E-004
-10,5	-7,00E-003	4,3210E-04	-20,3	1,1193E-006
-10,25	-6,83E-003	3,3333E-04	-19,82	1,7647E-004
-10	-6,67E-003	4,0741E-04	-19,34	6,5729E-004
-9,75	-6,50E-003	6,6667E-04	-18,85	1,3991E-003
-9,5	-6,33E-003	1,0617E-03	-18,37	2,2898E-003
-9,25	-6,17E-003	1,6049E-03	-17,89	3,1654E-003
-9	-6,00E-003	2,1358E-03	-17,4	3,8408E-003
-8,75	-5,83E-003	2,5062E-03	-16,92	4,1504E-003
-8,5	-5,67E-003	2,6543E-03	-16,44	3,9917E-003
-8,25	-5,50E-003	2,5556E-03	-15,95	3,3617E-003
-8	-5,33E-003	2,1605E-03	-15,47	2,3770E-003
-7,75	-5,17E-003	1,6914E-03	-14,99	1,2708E-003
-7,5	-5,00E-003	1,1975E-03	-14,5	3,6223E-004
-7,25	-4,83E-003	9,2593E-04	-14,02	2,4640E-007
-7	-4,67E-003	9,5062E-04	-13,54	4,8948E-004
-6,75	-4,50E-003	1,4938E-03	-13,05	2,0107E-003
-6,5	-4,33E-003	2,4938E-03	-12,57	4,5520E-003
-6,25	-4,17E-003	4,0741E-03	-12,09	7,8686E-003
-6	-4,00E-003	5,5556E-03	-11,6	1,1485E-002
-5,75	-3,83E-003	7,4074E-03	-11,12	1,4749E-002
-5,5	-3,67E-003	8,1481E-03	-10,64	1,6943E-002
-5,25	-3,50E-003	8,5185E-03	-10,15	1,7435E-002
-5	-3,33E-003	7,7778E-03	-9,67	1,5862E-002
-4,75	-3,17E-003	6,6667E-03	-9,19	1,2310E-002
-4,5	-3,00E-003	5,5556E-03	-8,7	7,4630E-003
-4,25	-2,83E-003	5,9259E-03	-8,22	2,6927E-003

Tabelle 4: Mess- und Theoriewerte der Intensitätsverteilung bei einer Lochblende, Teil 1



$x$ [mm]	$\sin(\alpha_k)$	$\frac{I}{I_0}$ Messwert	$\phi$	$\frac{I}{I_0}$ Theoriewert
-4	-2,67E-003	1,0370E-02	-7,74	5,5051E-005
-3,75	-2,50E-003	2,0000E-02	-7,25	2,1823E-003
-3,5	-2,33E-003	3,5802E-02	-6,77	1,2066E-002
-3,25	-2,17E-003	6,4198E-02	-6,28	3,2746E-002
-3	-2,00E-003	1,0123E-01	-5,8	6,6928E-002
-2,75	-1,83E-003	1,6049E-01	-5,32	1,1659E-001
-2,5	-1,67E-003	2,2222E-01	-4,83	1,8260E-001
-2,25	-1,50E-003	2,9630E-01	-4,35	2,6443E-001
-2	-1,33E-003	3,8272E-01	-3,87	3,5998E-001
-1,75	-1,17E-003	4,8148E-01	-3,38	4,6562E-001
-1,5	-1,00E-003	5,8025E-01	-2,9	5,7628E-001
-1,25	-8,33E-004	6,9136E-01	-2,42	6,8590E-001
-1	-6,67E-004	7,9012E-01	-1,93	7,8785E-001
-0,75	-5,00E-004	8,7654E-01	-1,45	8,7552E-001
-0,5	-3,33E-004	9,2593E-01	-0,97	9,4297E-001
-0,25	-1,67E-004	9,7531E-01	-0,48	9,8548E-001
0	0,00E+000	1,0000E+00	0	1,0000E+00
0,25	1,67E-004	9,8765E-01	0,48	9,8548E-001
0,5	3,33E-004	9,3827E-01	0,97	9,4297E-001
0,75	5,00E-004	8,7654E-01	1,45	8,7552E-001
1	6,67E-004	8,0247E-01	1,93	7,8785E-001
1,25	8,33E-004	7,0370E-01	2,42	6,8590E-001
1,5	1,00E-003	5,9259E-01	2,9	5,7628E-001
1,75	1,17E-003	4,9383E-01	3,38	4,6562E-001
2	1,33E-003	4,0741E-01	3,87	3,5998E-001
2,25	1,50E-003	3,0864E-01	4,35	2,6443E-001
2,5	1,67E-003	2,2222E-01	4,83	1,8260E-001
2,75	1,83E-003	1,4815E-01	5,32	1,1659E-001
3	2,00E-003	9,1358E-02	5,8	6,6928E-002
3,25	2,17E-003	5,5556E-02	6,28	3,2746E-002
3,5	2,33E-003	2,8395E-02	6,77	1,2066E-002
3,75	2,50E-003	1,3580E-02	7,25	2,1823E-003
4	2,67E-003	5,5556E-03	7,74	5,5051E-005
4,25	2,83E-003	3,5802E-03	8,22	2,6927E-003
4,5	3,00E-003	5,8025E-03	8,7	7,4630E-003
4,75	3,17E-003	8,7654E-03	9,19	1,2310E-002
5	3,33E-003	1,1358E-02	9,67	1,5862E-002
5,25	3,50E-003	1,3580E-02	10,15	1,7435E-002
5,5	3,67E-003	1,3580E-02	10,64	1,6943E-002
5,75	3,83E-003	1,2222E-02	11,12	1,4749E-002
6	4,00E-003	1,0370E-02	11,6	1,1485E-002
6,25	4,17E-003	8,0247E-03	12,09	7,8686E-003
6,5	4,33E-003	5,9259E-03	12,57	4,5520E-003
6,75	4,50E-003	4,0741E-03	13,05	2,0107E-003
7	4,67E-003	2,5926E-03	13,54	4,8948E-004

Tabelle 5: Mess- und Theoriewerte der Intensitätsverteilung bei einer Lochblende, Teil 2

$x$ [mm]	$\sin(\alpha_k)$	$\frac{I}{I_0}$ Messwert	$\phi$	$\frac{I}{I_0}$ Theoriewert
7,25	4,83E-003	1,8519E-03	14,02	2,4640E-007
7,5	5,00E-003	1,7284E-03	14,5	3,6223E-004
7,75	5,17E-003	1,9753E-03	14,99	1,2708E-003
8	5,33E-003	2,3457E-03	15,47	2,3770E-003
8,25	5,50E-003	2,7160E-03	15,95	3,3617E-003
8,5	5,67E-003	2,9630E-03	16,44	3,9917E-003
8,75	5,83E-003	2,9630E-03	16,92	4,1504E-003
9	6,00E-003	2,7160E-03	17,4	3,8408E-003
9,25	6,17E-003	2,2222E-03	17,89	3,1654E-003
9,5	6,33E-003	1,7284E-03	18,37	2,2898E-003
9,75	6,50E-003	1,2346E-03	18,85	1,3991E-003
10	6,67E-003	7,7778E-04	19,34	6,5729E-004
10,25	6,83E-003	5,9259E-04	19,82	1,7647E-004
10,5	7,00E-003	5,5556E-04	20,3	1,1193E-006
10,75	7,17E-003	6,5432E-04	20,79	1,0784E-004
11	7,33E-003	8,5185E-04	21,27	4,1914E-004
11,25	7,50E-003	1,0864E-03	21,75	8,2628E-004
11,5	7,67E-003	1,3580E-03	22,24	1,2157E-003
11,75	7,83E-003	1,3580E-03	22,72	1,4930E-003
12	8,00E-003	1,3580E-03	23,2	1,6001E-003
12,25	8,17E-003	1,2346E-03	23,69	1,5231E-003
12,5	8,33E-003	1,0247E-03	24,17	1,2895E-003
12,75	8,50E-003	7,6543E-04	24,65	9,5766E-004
13	8,67E-003	5,3086E-04	25,14	6,0120E-004
13,25	8,83E-003	3,8272E-04	25,62	2,9131E-004
13,5	9,00E-003	2,9630E-04	26,1	8,2109E-005
13,75	9,17E-003	2,7160E-04	26,59	9,5133E-007
14	9,33E-003	3,4568E-04	27,07	4,5381E-005
14,25	9,50E-003	4,4444E-04	27,55	1,8673E-004

Tabelle 6: Mess- und Theoriewerte der Intensitätsverteilung bei einer Lochblende, Teil 3

### 5.3 Messdatenprotokoll aus dem Versuch