

Inhaltsverzeichnis

1	Arbeitsgrundlagen	1
1.1	Beugung	1
1.2	Interferenz	1
2	Arbeitsmittel	3
2.1	Versuchsaufbau	3
2.2	Messmittel	3
2.3	Messvorgang	3
3	Auswertung	5
4	Fehlerrechnung	6
4.1	Systematischer Fehler	6
4.2	Statischer Fehler	6
4.3	Gesamter Fehler	6
5	Resultate und Diskussion	7
6	Selbständigkeitserklärung	9
	Literatur	11
	Literatur	11
	Abbildungsverzeichnis	11
7	Anhang	12

1 Arbeitsgrundlagen

In diesem Abschnitt werden die Arbeitsgrundlagen zur Beugung und Interferenz für den Versuch erarbeitet.

1.1 Beugung

1.2 Interferenz

1.2.1 Fraunhofer'sche Beobachtungsart

Bei der Fraunhofer'sche Beobachtungsart wird das Interferenzmuster, wie in der Abbildung 1 dargestellt, in der Brennebene beobachtet. Dies geschieht in dem das Interferenzmuster durch eine Linse auf einen Schirm projiziert wird. Die Linse wird im Abstand f vor dem Schirm platziert. Das beobachtete Muster ist bis auf einen Skalierungsfaktor identisch zum Interferenzmuster, welches in grosser Entfernung von den Quellen beobachtet werden kann. Der Abstand von der Linse von den Quellen hat keinen Einfluss auf die Abmessung oder die Form des Interferenzmusters. Er bestimmt nur den erfassten Winkelbereich.

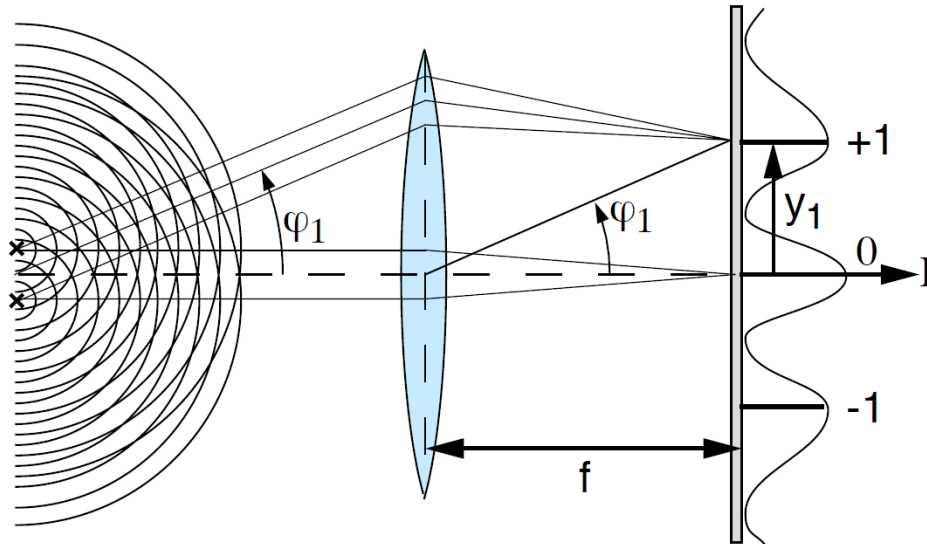


Abbildung 1: Fraunhofer'sche Beobachtungsart

Der Winkel ϕ_1 der Interferenz erster Ordnung kann mit dem Abstand y_1 von dem Hauptstrahl zum Extrema der ersten Ordnung und der Brennweite f der Linse wie folgt berechnen.

$$\tan(\phi_1) = \frac{y_1}{f} \quad (1.1)$$

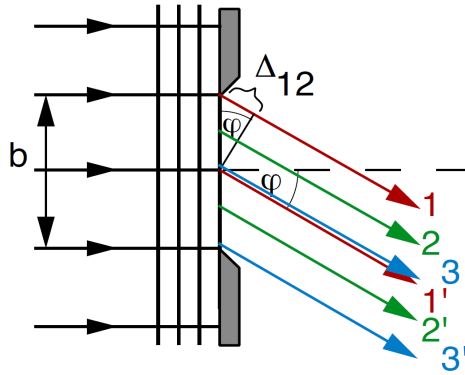


Abbildung 2: Beugung an einem Spalt

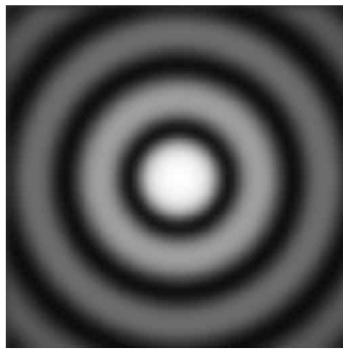


Abbildung 3: Interferenzmuster einer Beugung an einem Loch

1.2.2 Beugung am Spalt und Antispalt

1.2.3 Beugung am Loch und Antiloch

1.2.4 Beugung am Strichgitter

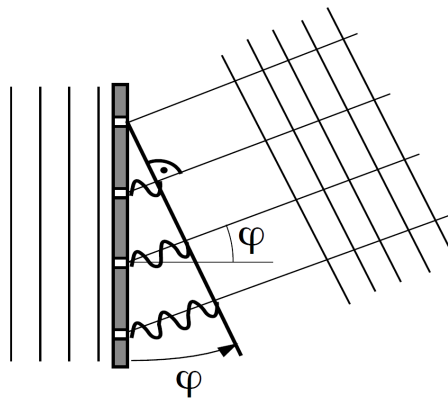


Abbildung 4: Beugung an einem Strichgitter

2 Arbeitsmittel

In diesem Kapitel wird der Versuchsaufbau, die Messmittel und der Messvorgang genauer erläutert.

2.1 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau, wie in der Abbildung 5 aufgezeigt, besteht aus der Lichtquelle, dem zu messende Beugungsobjekt und einer Linse, welche auf einer Zeiss-Schiene montiert sind. Das zu beobachtenden Beugungsmuster kann am Ende der Schiene mit einer Messeinrichtung gemessen werden. Die Messeinrichtung ist auf einer Mattscheibe montiert.

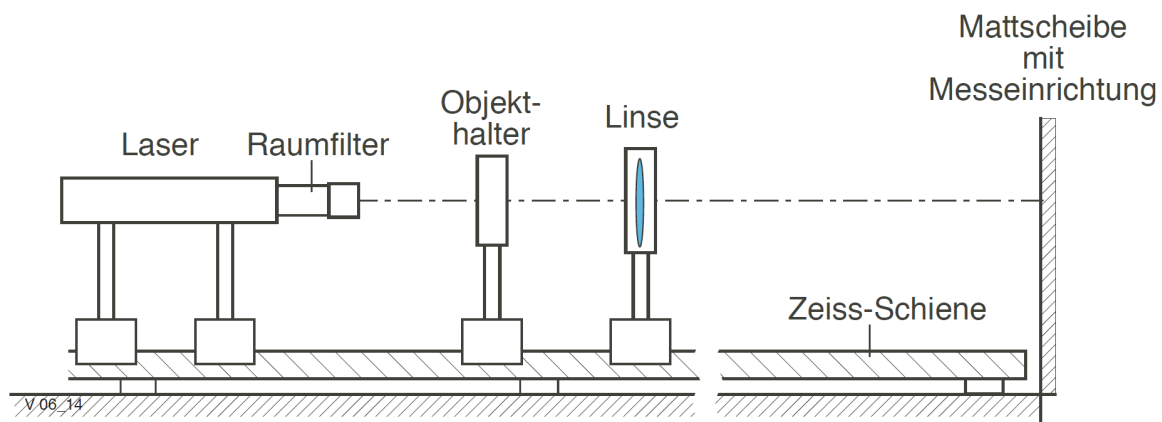


Abbildung 5: Versuchsaufbau, des Laser, optische Elemente und der Mattscheibe

2.2 Messmittel

Gerätebezeichnung	Typ	Messmittel-Nr.
Laser	He-Ne-Laser 632.8nm	
Linse	f=2030mm	

Tabelle 1: Messmittel die für den Versuchsaufbau genutzt wurden.

2.3 Messvorgang

Bei diesem Versuch werden drei verschiedene Messungen durchgeführt. Diese Unterversuche sind:

- Beugung am Spalt und Antispalt
- Beugung am Loch und Antiloeh
- Noch offen

2.3.1 Beugung am Spalt und Antispalt

Bei diesem Versuch werden die Abstände symmetrisch liegender Minima n -ter Ordnung bestimmt. Nach der Beugungstheorie mittels Regression kann aus diesen Werten die Breite des Spalts oder Drahtes berechnet werden. Dieser Messvorgang kann angewendet werden um den Durchmesser eines Haares oder einer Faser zu bestimmen.

2.3.2 Beugung am Loch und Antiloch

Wie in dem Versuch 2.3.1 wird anhand der beobachteten Minimas der Durchmesser des Loches bzw. mittleren Durchmesser der Teilchen berechnet. Wenn Pollenkörner untersucht werden, entsteht bei der Fraunhofer'scher Beobachtungsart dasselbe Interferenzmuster wie für ein einzelnes Objekt. In diesem Fall steigt die Intensität proportional zur Zahl der Beugungszentren an. Wenn sich verschiedene Interferenzmuster überlagern entsteht ein etwas verschwommenes Bild, welches dem mittleren Durchmesser entspricht.

3 Auswertung

Die Aufgabe war es die verschiedenen Breiten und Durchmesser der verschiedenen Proben zu untersuchen. Die sollte jedoch nicht auf dem normalen Weg geschehen wie in der Aufgabenstellung. Herr Minawisawa gab uns am Labortag die zusätzliche Aufgabe eben diese Breiten mit der optischen Fouriertransformation Beziehung zu lösen.

Aus den Arbeitsgrundlagen und der Signalverarbeitung ist bekannt was die Rücktransformierte einer Sinc-Funktion einem Rechteck entspricht. Unten stehen die beiden Formel.

$$\text{rec}(s) = \sigma\left(s + \frac{T}{2}\right) - \sigma\left(s - \frac{T}{2}\right) \quad (3.1)$$

$$\text{sinc}(s) = \frac{\sin(s)}{s} \quad (3.2)$$

Wenn man diese Formeln vergleicht und mit etwas Aufwand umformt. Kann man erkennen, dass sich folgende Formel daraus ergibt.

$$T = \frac{2 \cdot \lambda \cdot L}{d_0} \quad (3.3)$$

Wobei T dem gewünschten Wert entspricht. Dabei entspricht λ der Wellenlänge des Lichtes. Es wurde ein roter Laser verwendet mit der Wellenlänge $6.33e - 7$. Die eigentlich gemessene Grösse ist d_0 . Sie stellt den Abstand zwischen zwei Nullstellen dar.

Aus diesen Werten wurden mithilfe von Formel 3.3 die Spaltbreite, Antispaltbreite und den Lochdurchmesser errechnet. Jedoch sind das einfache algebraische Gleichungen. Es wird an dieser Stelle darauf verzichtet diese zu visualisieren. Im Kapitel 5 werden die einzelnen Werte visualisiert und mit ihren theoretischen Werten verglichen.

Spalt $50\mu m$:	$49e - 6$
Spalt $200\mu m$:	$196e - 6$
Antispalt $0.33mm$:	$331e - 6$
Antispalt $0.124mm$:	$124e - 6$
Loch $150\mu m$:	$69e - 6$
Loch $100\mu m$:	$96e - 6$
Gitter $70\mu m$:	$70e - 6$
Doppelspalt $40\mu m$:	$616e - 7$

Tabelle 2: Errechnete Endwerte

4 Fehlerrechnung

Die Fehlerrechnung für die wird anhand diesen Formel durchgeführt. Alle Berechnungen wurden in einem Matlabfile gerechnet, welches im Anhang hinterlegt ist.

Der Fehler bildet sich aus einem systematischen und einem statistischen Fehler.

4.1 Systematischer Fehler

Dieser Fehler s_{syst} besteht aus zwei Messfehler, welche die Messresultate beeinflussen. Diese Messfehler entstehen bei der Messung der Strecke zwischen zwei Minima des Interferenzmusters, sowie bei der Messung der Strecke von der Linse bis zum Schirm. Die Fehlerrechnung wurde mit folgender Formel durchgeführt. Dazu wurde die Formel 4.1 partiell abgeleitet.

$$s_{syst} = \sqrt{\left(\frac{\partial R}{\partial x} \cdot s_x\right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial y} \cdot s_y\right)^2} \quad (4.1)$$

4.2 Statistischer Fehler

Dieser Fehler kann direkt aus den Berechnungen von Excel übernommen werden. In der Tabelle 1 ist der statistische Fehler s_{stat} aufgeführt.

4.3 Gesamter Fehler

Mit der Geometrischen Addition kann der Gesamtfehler aus dem statistischen und dem systematischen Fehler berechnet werden.

$$s_{tot} = \sqrt{(s_{sys})^2 + (s_{stat})^2} \quad (4.2)$$

Die Berechnungen wurden mit Matlab durchgeführt und das entsprechende File im Anhang hinterlegt. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle 3 aufgeführt.

Spalt $50\mu m$:	$\pm 7e - 7$
Spalt $200\mu m$:	$\pm 6e - 6$
Antispalt $0.33mm$:	$\pm 3e - 6$
Antispalt $0.124mm$:	$\pm 1e - 6$
Loch $150\mu m$:	$\pm 4e - 6$
Loch $100\mu m$:	$\pm 4e - 6$
Gitter $70\mu m$:	$\pm 5e - 6$
Doppelspalt $40\mu m$:	$\pm 5e - 7$

Tabelle 3: Fehler der Fehlerrechnung

5 Resultate und Diskussion

Anfänglich wird hier eine allgemeine Tabelle präsentiert:

Spalt $50\mu m$:	$49e-6$	$\pm 7e-7$
Spalt $200\mu m$:	$196e-6$	$\pm 6e-6$
Antispalt $0.33mm$:	$331e-6$	$\pm 3e-6$
Antispalt $0.124mm$:	$124e-6$	$\pm 1e-6$
Loch $150\mu m$:	$69e-6$	$\pm 4e-6$
Loch $100\mu m$:	$96e-6$	$\pm 4e-6$
Gitter $70\mu m$:	$70e-6$	$\pm 5e-6$
Doppelspalt $40\mu m$:	$616e-7$	$\pm 5e-7$

Tabelle 4: Errechnete Endwerte

Spalt $50\mu m$

Vergleich Spalt $50\mu m$

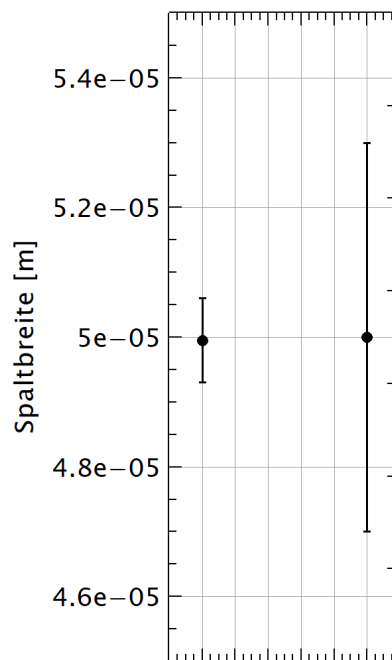


Abbildung 6: Vergleich der gemessenen Werten mit den Theoretischen des $50\mu m$ Spalts

Vergleich Spalt $200\mu\text{m}$

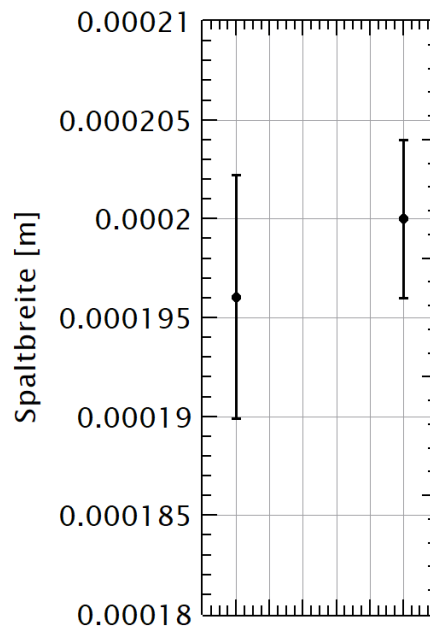


Abbildung 7: Vergleich der gemessenen Werten mit den Theoretischen des $200\mu\text{m}$ Spalts

Vergleich Antispalt 0.33mm

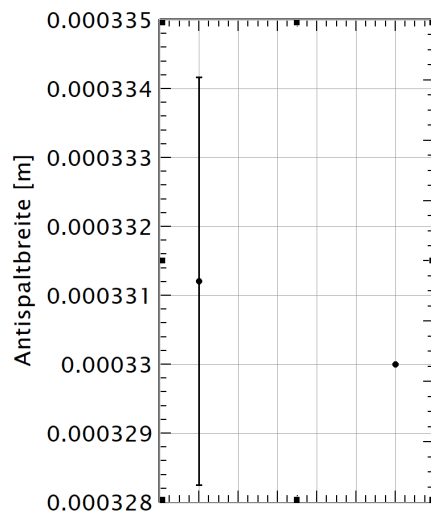


Abbildung 8: Vergleich der gemessenen Werten mit den Theoretischen des 0.33mm Antispalts

Spalt $200\mu\text{m}$

Antispalt 0.33mm

Antispalt 0.124mm

Loch $150\mu\text{m}$

Loch $100\mu\text{m}$

Gitter $70\mu\text{m}$

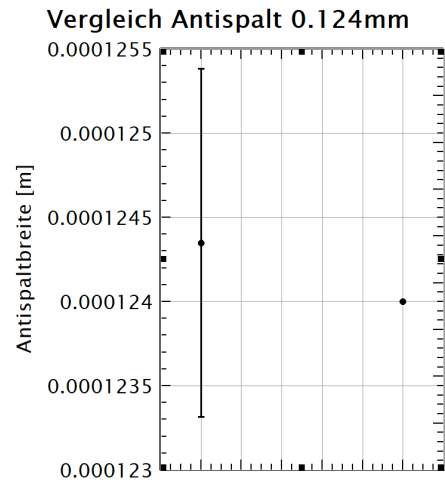


Abbildung 9: Vergleich der gemessenen Werten mit den Theoretischen des $0.124mm$ Antispalts

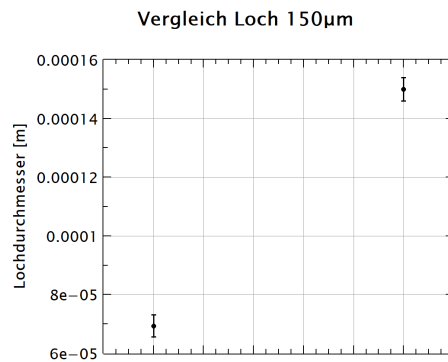


Abbildung 10: Vergleich der gemessenen Werten mit den Theoretischen des $150\mu m$ Loch

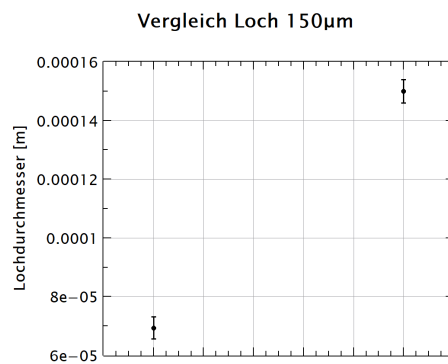


Abbildung 11: Überprüfung des gemessenen Lochs mit Alternativer Messmethode

6 Selbständigkeitserklärung

Mit meiner Unterschrift bestätige ich, dass ich das Laborheft selbständig verfasst habe.

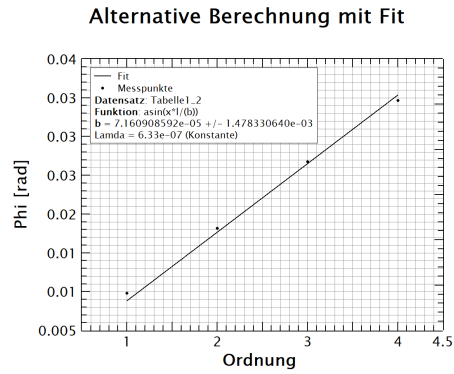


Abbildung 12: Vergleich der gemessenen Werten mit den Theoretischen des $100\mu m$ Loch

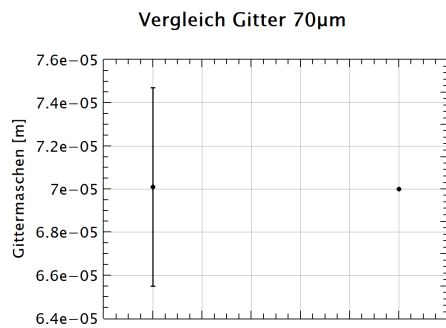


Abbildung 13: Vergleich der gemessenen Werten mit den Theoretischen des $70\mu m$ Gitter

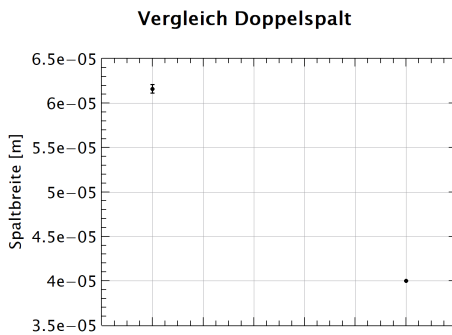


Abbildung 14: Vergleich der gemessenen Werten mit den Theoretischen des Wert Doppelspalts

Ort und Datum:

.....
Simon Zoller

Literatur

- [1] Minamisawa, R. (22.10.2015). M1 Geschwindigkeit einer Pistolenkugel. Windisch, FHNW.
- [2] WaffenZimmi Bülach. (2017). <http://www.waffenzimmi.ch/pressluftpistole-haemmerli-480-junior-p-4526.html>.

Literatur

Abbildungsverzeichnis

1	Frauenhofer'sche Beobachtungsart	1
2	Beugung an einem Spalt	2
3	Interferenzmuster einer Beugung an einem Loch	2
4	Beugung an einem Strichgitter	2
5	Versuchsaufbau, des Laser, optische Elemente und der Mattscheibe . .	3
6	Vergleich der gemessenen Werten mit den Theoretischen des $50\mu m$ Spalts	7
7	Vergleich der gemessenen Werten mit den Theoretischen des $200\mu m$ Spalts	8
8	Vergleich der gemessenen Werten mit den Theoretischen des $0.33mm$ Antispalts	8
9	Vergleich der gemessenen Werten mit den Theoretischen des $0.124mm$ Antispalts	9
10	Vergleich der gemessenen Werten mit den Theoretischen des $150\mu m$ Loch	9
11	Überprüfung des gemessenen Lochs mit Alternativer Messmethode . . .	9
12	Vergleich der gemessenen Werten mit den Theoretischen des $100\mu m$ Loch	10
13	Vergleich der gemessenen Werten mit den Theoretischen des $70\mu m$ Gitter	10
14	Vergleich der gemessenen Werten mit den Theoretischen des Wert Doppelspalts	10

7 Anhang

Der Anhang wird per E-Mail an renato.minamisawa@fhnw.ch verdendet.

- Excel-Tabelle *Pistolenversuch_v1*
- Matlab-File *Fehlerrechnung*