

Laborheft

Versuchsleiter: Andres Minder
Assistent: Nando Spiegel

Durchführung	Versuch	Abgabe	Akzeptiert
06.03.2018	W6 - Mech. Resonanz mit Fahrbahnpendel	20.03.2018	
17.04.2018	O9 - Interferenz und Beugung	15.05.2018	
29.05.2018	A11 - Röntgenstrahlung / -beugung	12.06.2018	

O9 - Interferenz und Beugung

15. Mai 2018

Versuchsleiter:
Assistent:

Andres Minder
Nando Spiegel

Inhaltsverzeichnis

1	Arbeitsgrundlagen	1
1.1	Theoretische Grundlagen	1
1.1.1	Fresnel'sche Beobachtungsart	1
1.1.2	Frauenhofer'sche Beobachtungsart	2
1.1.3	Beugung am Spalt und Antispalt	2
1.1.4	Beugung am Loch	2
1.1.5	Beugung am Strichgitter	2
1.2	Benötigte Formeln	3
1.2.1	Kreiskoeffizienten für Beugung am Loch	3
2	Durchführung	4
2.1	Versuchsanordnung	4
2.2	Messvorgang / Messmethoden	5
2.2.1	Beugung am Spalt und Antispalt	5
2.2.2	Beugung am Loch	5
2.2.3	Beugung am Strichgitter	5
2.3	Versuchsobjekte	5
2.4	Messungen	5
3	Auswertung	6
3.1	Beugung am Spalt und Antispalt	6
3.2	Beugung am Loch	14
4	Fehlerrechnung	15
5	Resultate und Diskussion	16
6	Plagiatserklärung	17
7	Verzeichnisse	18
	Abbildungsverzeichnis	18
	Literaturverzeichnis	19
	Anhang	20

1 Arbeitsgrundlagen

In diesem Kapitel werden die Grundlagen zum Versuch beschrieben. Dazu gehören die theoretischen Grundlagen sowie die benötigten Formeln.

1.1 Theoretische Grundlagen

Beugung nennt man die Abweichungen von der geradlinigen Wellenausbreitung, wie sie mit Hilfe von Strahlen beschrieben wird. Diese tritt auf, wenn Wellen auf Oberflächen treffen, bei welchen sie begrenzt werden, wie z.B. Kanten oder Öffnungen[1].

Mit Hilfe des Huygens-Fresnel'schen Prinzips können die Beugungseffekte erklärt werden: Alle Punkte hinter einer Öffnung senden Sekundär-Kugelwellen aus, deren Überlagerung das neue Wellenfeld liefert. Durch Interferenz der Kugelwellen ergibt sich so mit der Fresnel'schen oder der Fraunhofer'schen Beobachtungsart ein Muster aus Licht und Schatten an einem Schirm, das sogenannte Interferenzmuster [1].

1.1.1 Fresnel'sche Beobachtungsart

Bei dieser Beobachtungsart wird ein Schirm in das Nahfeld gebracht, um das Interferenzmuster direkt beobachten zu können. Mithilfe einer Linse kann dieses Muster auf einen weiter entfernten Schirm abgebildet werden. Das Muster auf dem weiter entfernten Schirm ist dann jedoch von der Lage der Linse abhängig. Anordnung gemäss Abbildung 1.1 [1].

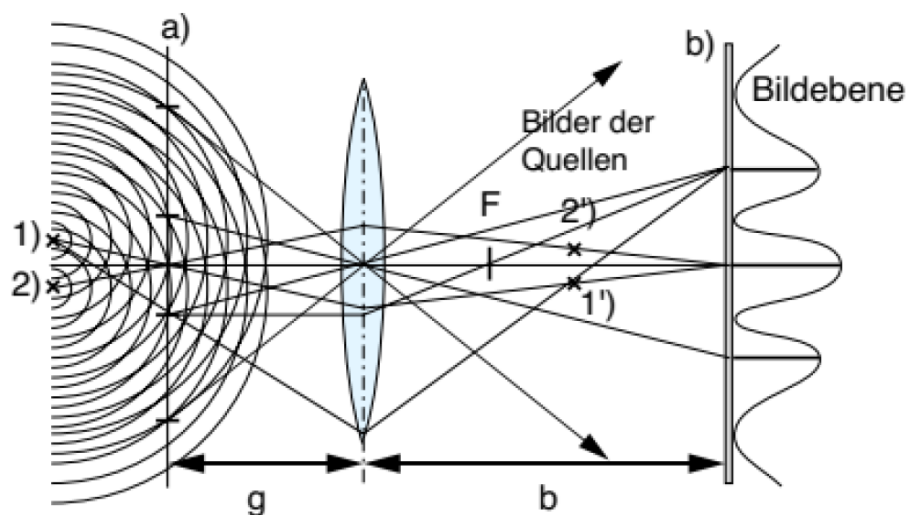


Abbildung 1.1: Anordnung der Fresnel'schen Beobachtungsart. Die Wellen der Quellen (1, 2) treffen auf ein Objekt mit Öffnungen im Nahfeld (a). Die Kugelwellen interferieren, wobei über eine Linse das so entstehende Interferenzmuster an einen Schirm (b) gegeben wird [1].

1.1.2 Fraunhofer'sche Beobachtungsart

Bei dieser Beobachtungsart wird ein Schirm in die Brennebene einer Linse gebracht, welches das Interferenzmuster darauf abbildet. Das Interferenzmuster ist hier nicht von der Lage der Linse zur Quelle abhängig und ist bis auf einen Skalierungsfaktor identisch. Der Aufbau dieser Anordnung ist in Abbildung 1.2 erkennbar [1].

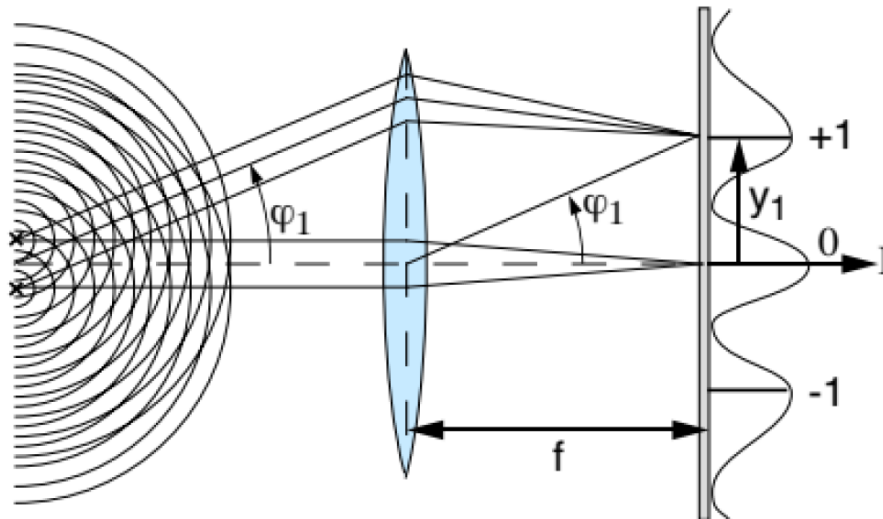


Abbildung 1.2: Anordnung der Fraunhofer'schen Beobachtungsart. Das Interferenzmuster der interferierenden Wellen (links) wird über eine Linse im Fernfeld auf ein Schirm gegeben. Der Schirm steht in der Brennebene (Brennweite f) der Linse. Das Interferenzmuster ist so nicht mehr Abhängig von der Linsenposition gegenüber dem Objekt [1].

1.1.3 Beugung am Spalt und Antispalt

Beugung am Einzelspalt erzeugt im Fernfeld ein Interferenzmuster, bei welchem sich helle und dunkle Bereiche abwechseln. Die hellen Bereiche sind in der Mitte am hellsten und nach aussen gehend nimmt die Intensität ab. In der Mitte ist der hellste Bereich beim Spalt bzw. der dunkelste Bereich beim Antispalt, da hier ungebeugte Strahlen direkt auftreffen bzw. gar nicht [1].

1.1.4 Beugung am Loch

Bei einer Lochblende beobachtet man als Interferenzmuster konzentrisch angelegte Ringe, Maxima und Minima abwechselnd, auf dem Schirm [1].

1.1.5 Beugung am Strichgitter

Das Interferenzmuster bei der Beugung am Strichgitter ergibt ein Interferenzmuster, bei dem entlang der Horizontalen Lichtpunkte auftreten. Diese Lichtpunkte entstehen, wie schon erwähnt, durch konstruktive Interferenz an diesen Stellen [1].

1.2 Benötigte Formeln

Für die Beugung der Fraunhofer'sche Beobachtungsart gilt folgende Formel 1.1 [1].

$$a_m = f \cdot \tan \left(\arcsin \left[\frac{m \cdot \lambda}{d} \right] \right) \quad (1.1)$$

Formel 1.1 beschreibt, dass die Distanz des Maximums zur Mitte des Interferenzmusters (a_m) gleich der Brennweite (f) multipliziert mit dem Tangens (\tan) des Arkussinus (\arcsin) von der Ordnungszahl desselben Maximums (m) multipliziert mit der Wellenlänge des Lichts (λ) geteilt durch die Gitterkonstante (d) ist.

Bei der direkten Beobachtung des Interferenzmusters im Fernfeld (ohne Linse) gilt dieselbe Formel 1.1, jedoch ist die Brennweite mit der Distanz von Objekt zum Schirm zu ersetzen.

Für die Auswertung bei der Beugung am Loch muss die Ordnungszahl der obigen Formel 1.1 angepasst werden, da es sich hier um Kreise handelt. Die neue Konstante, welche sich anstelle der Ordnungszahl einfügt, lässt sich gemäss folgende Formel 1.2 berechnen:

$$m_i = \frac{J_{1,i}}{\pi} \quad (1.2)$$

Formel 1.2 zeigt, dass die neue Konstante (m_i) der i -ten Nullstelle der 2. Besselfunktion (J_1) geteilt durch die Kreiszahl (π) entspricht.

1.2.1 Kreiskoeffizienten für Beugung am Loch

Die ersten 9 Konstanten (m_i), die für die Auswertung gebraucht werden, wurden gemäss Formel 1.2 berechnet und lauten wie folgt:

Koeffizientennummer	$J_{1,i}$	m_i
1	3.832	1.220
2	7.016	2.233
3	10.173	3.238
4	13.324	4.241
5	16.471	5.243
6	19.616	6.244
7	22.760	7.245
8	25.904	8.245
9	29.047	9.246

2 Durchführung

In diesem Kapitel werden der Messversuch und die verwendeten Mittel beschrieben.

2.1 Versuchsanordnung

Die Versuchsanordnung ist auf einer Zeiss-Schiene aufgebaut, auf der die Beugungsobjekte sowie die Linse für die Fraunhofer'sche Beobachtungsart fixiert werden können. Für jedes Objekt wird erst die direkte Beobachtungsart (ohne Linse), danach die Fraunhofer'sche Beobachtungsart (mit Linse) angewendet. Es werden verschiedene Linsen und Distanzen angewendet. Die zwei Beobachtungsarten sollen verglichen werden.

Als Lichtquelle steht ein He-Ne-Laser ($\lambda = 632.8 \text{ nm}$) zur Verfügung. Der Laser wird aufgeweitet verwendet. Die Distanzen auf der Zeiss-Schiene werden mit einem Doppelmeter gemessen, die Maxima/Minima mit Hilfe der Messeinrichtung an der Mattscheibe.

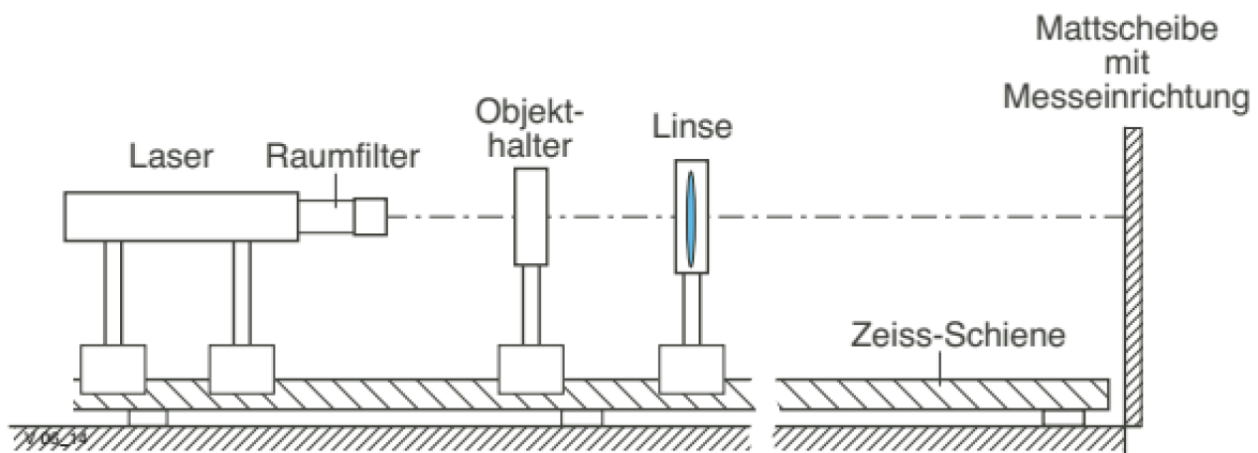


Abbildung 2.1: Diese Abbildung zeigt den allgemeinen Versuchsaufbau. Links steht der Laser auf der Zeiss-Schiene und Rechts die Mattscheibe mit Messeinrichtung. Dazwischen sind die Objekte und Linsen zu platzieren[2].

Geräte:

- He-Ne-Laser (rot, $632.8 \cdot 10^{-9} \text{ m}$)
- Doppelmeter (Annahme Abweichung: $s_f = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}$)
- Messeinrichtung (Annahme Abweichung: $s_{am} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}$)

2.2 Messvorgang / Messmethoden

2.2.1 Beugung am Spalt und Antispalt

Bei diesem Versuch werden 2 verschiedene Spalte und 2 verschiedene Antispalte je nacheinander auf der Zeiss-Schiene montiert und der Abstand der Beugungsmaxima/minima zum Mittelpunkt bestimmt. Mit diesen Werten wird dann die Spaltbreite/Antispaltdicke des Objekts mittels Regression an eine Funktionslinie ermittelt. Der Versuch wird mit beiden Beobachtungsarten durchgeführt und die Ergebnisse später verglichen.

2.2.2 Beugung am Loch

Bei diesem Versuch werden 2 verschiedene Löcher nacheinander auf der Zeiss-Schiene montiert und der Abstand der Beugungsminima zum Mittelpunkt bestimmt. Mit diesen Werten wird dann der Durchmesser der Löcher mittels Regression an eine Funktionslinie ermittelt. Dieser Versuch wird mit beiden Beobachtungsarten durchgeführt und die Ergebnisse später verglichen.

2.2.3 Beugung am Strichgitter

Bei diesem Versuch werden 2 verschiedene Strichgitter nacheinander auf der Zeiss-Schiene montiert und der Abstand der Beugungsmaxima zum Mittelpunkt bestimmt. Mit diesen Werten wird dann der Abstand der Gitterlinien zueinander mittels Regression an eine Funktionslinie ermittelt. Dieser Versuch wird mit beiden Beobachtungsarten durchgeführt und die Ergebnisse später verglichen.

2.3 Versuchsobjekte

Nr.	Objekt	Abmessung	Abweichung s_d
1	Spalt 1	$200 \cdot 10^{-6}m$	$\pm 4 \cdot 10^{-6}m$
2	Spalt 2	$150 \cdot 10^{-6}m$	$\pm 4 \cdot 10^{-6}m$
3	Antispalt 1	$530 \cdot 10^{-6}m$	$\pm 5 \cdot 10^{-6}m$
4	Antispalt 2	$430 \cdot 10^{-6}m$	$\pm 5 \cdot 10^{-6}m$
5	Loch 1	$150 \cdot 10^{-6}m$	$\pm 6 \cdot 10^{-6}m$
6	Loch 2	$100 \cdot 10^{-6}m$	$\pm 4 \cdot 10^{-6}m$
7	Strichgitter 1	$100 \frac{\text{lines}}{\text{mm}}$	keine Daten, Annahme: $1 \cdot 10^{-6}m$
8	Strichgitter 2	$80 \frac{\text{lines}}{\text{mm}}$	keine Daten, Annahme: $1 \cdot 10^{-6}m$

2.4 Messungen

Die Messresultate sind auf der Excel-Tabelle im Anhang zu finden.

3 Auswertung

3.1 Beugung am Spalt und Antispalt

Hier wurden die Maximas, resp. die Minimas beim Interferenzmuster auf dem Schirm gemessen. Mithilfe der Gleichung 1.1 wurde dann die Spalt-, resp. die Antispaltbreite mit QTI-Plot gefittet und graphisch dargestellt. Die Wellenlänge λ des He-Ne-Lasers wurde jeweils direkt in der Formel mit $6.328 \times 10^{-7} \text{ m}$, sowie die Brennweite f resp. der Abstand des Spaltes zum Schirm L eingetragen.

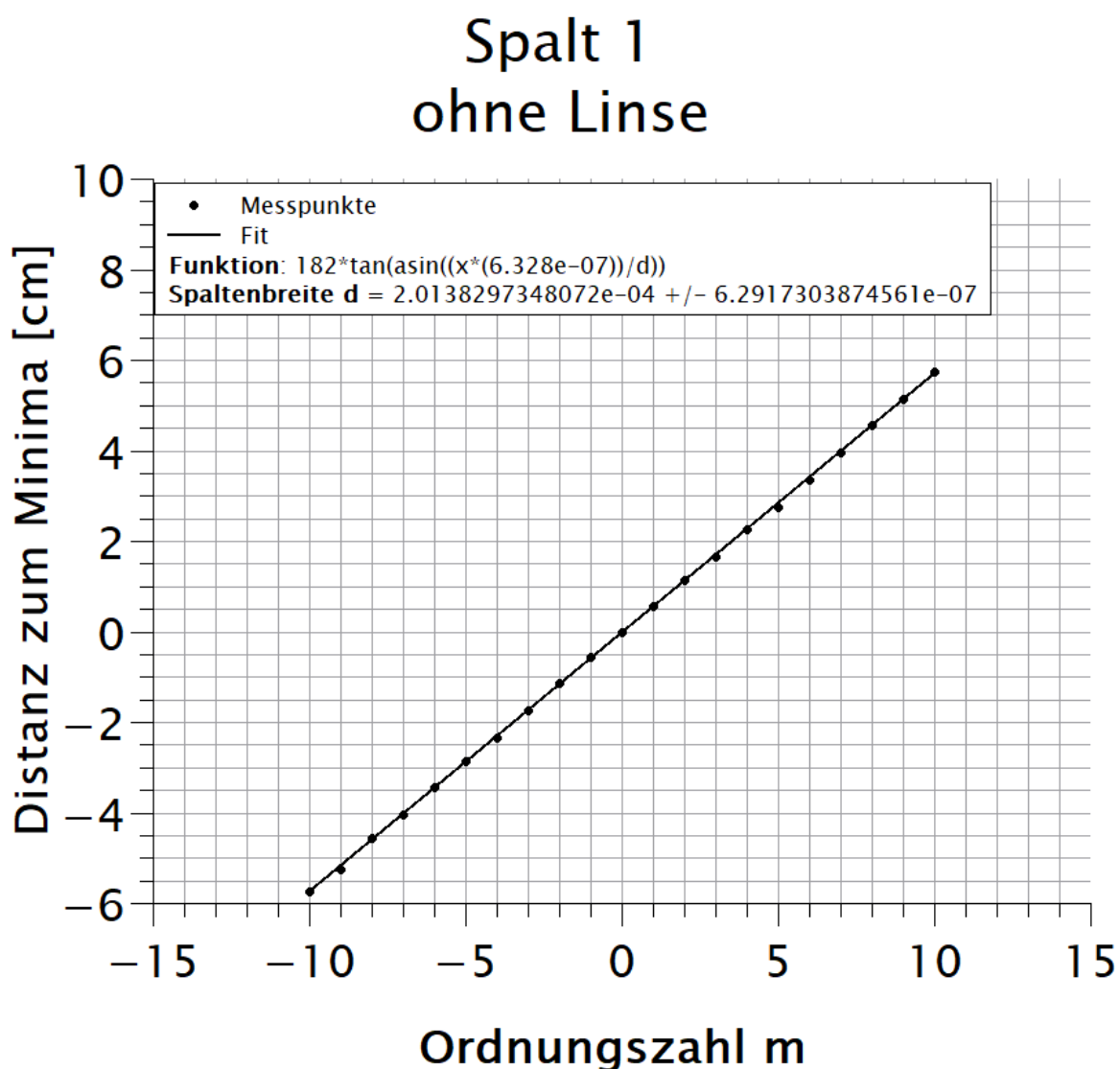


Abbildung 3.1: Hier wird der Abstand vom Mittelpunkt zum Minima des Interferenzmusters bei bestimmter Ordnungszahl, direkter Beobachtung und ohne Linse dargestellt. Dabei wird, wie in der Legende zu sehen ist, die Spaltenbreite mit ihrem Fehler gefittet. Es wurde zum Fit die Distanz vom Objekt zum Schirm von 182cm verwendet.

Spalt 1 mit Linse

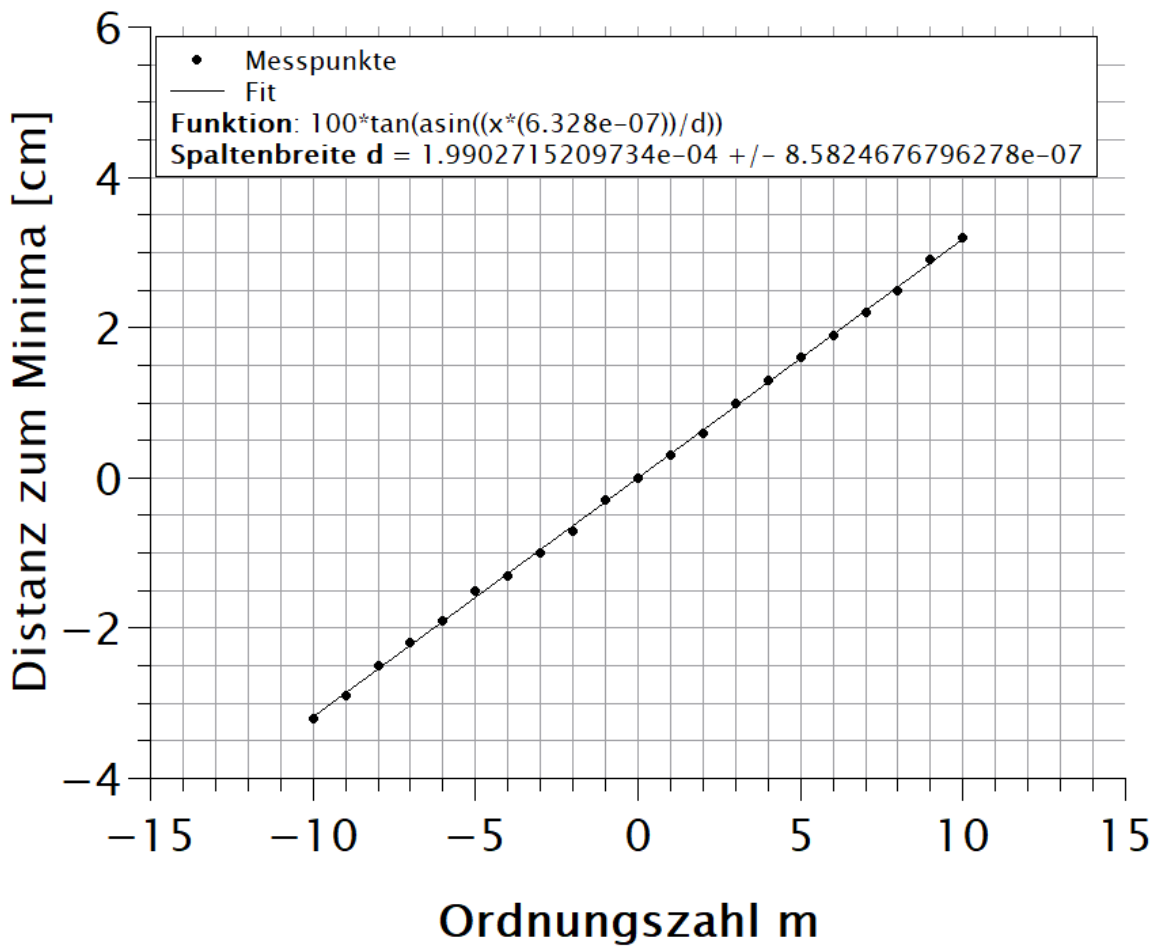
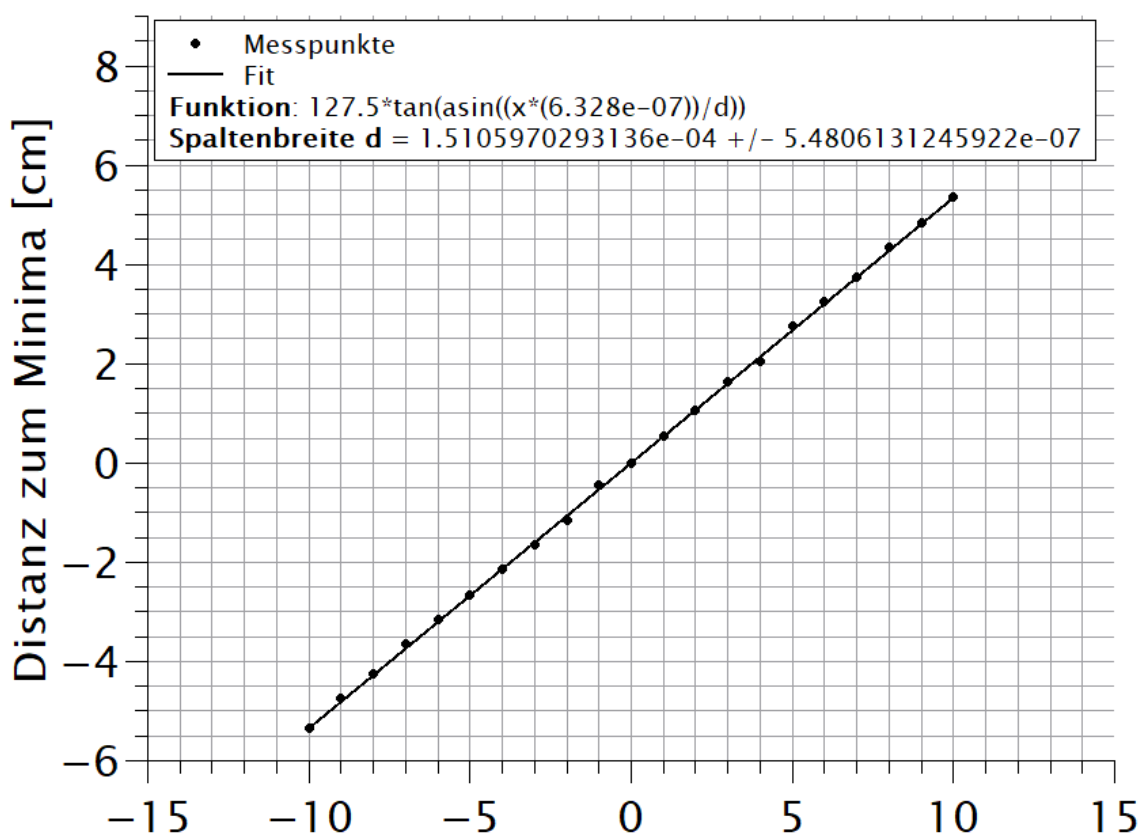


Abbildung 3.2: Hier wird der Abstand vom Mittelpunkt zum Minima des Interferenzmusters bei bestimmter Ordnungszahl, Fraunhofer'scher Beobachtungsart und mit Linse dargestellt. Dabei wird, wie in der Legende zu sehen ist, die Spaltenbreite gefittet. Es wurde zum Fit die Distanz von der Linse zum Schirm von 100cm verwendet.

Spalt 2 ohne Linse



Ordnungszahl m

Abbildung 3.3: Hier wird der Abstand vom Mittelpunkt zum Minima des Interferenzmusters bei bestimmter Ordnungszahl, direkter Beobachtung und ohne Linse dargestellt. Dabei wird, wie in der Legende zu sehen ist, die Spaltenbreite mit ihrem Fehler gefittet. Es wurde zum Fit die Distanz vom Objekt zum Schirm von 127.5cm verwendet.

Spalt 2 mit Linse

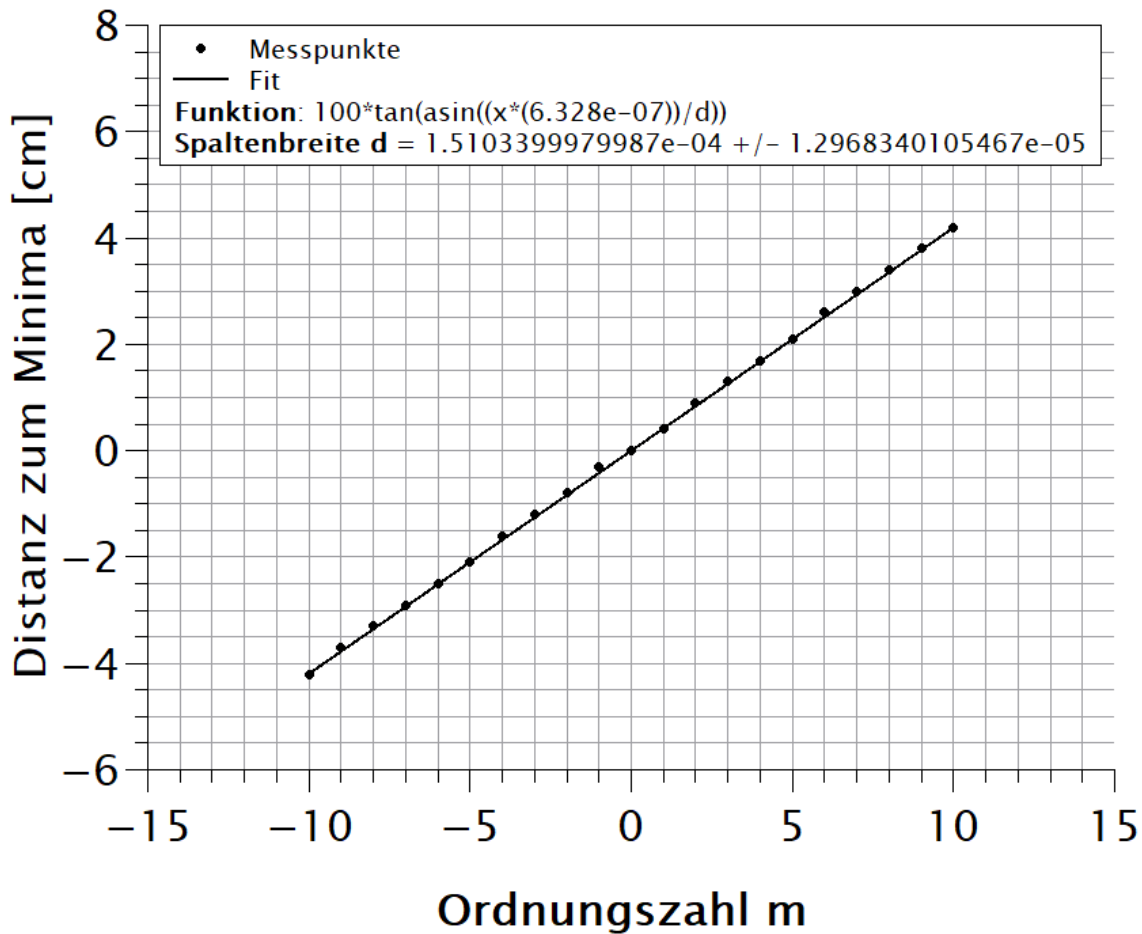


Abbildung 3.4: Hier wird der Abstand vom Mittelpunkt zum Minima des Interferenzmusters bei bestimmter Ordnungszahl, Fraunhofer'scher Beobachtungsart und mit Linse dargestellt. Dabei wird, wie in der Legende zu sehen ist, die Spaltenbreite gefittet. Es wurde zum Fit die Distanz von der Linse zum Schirm von 100cm verwendet.

Antispalt 1 ohne Linse

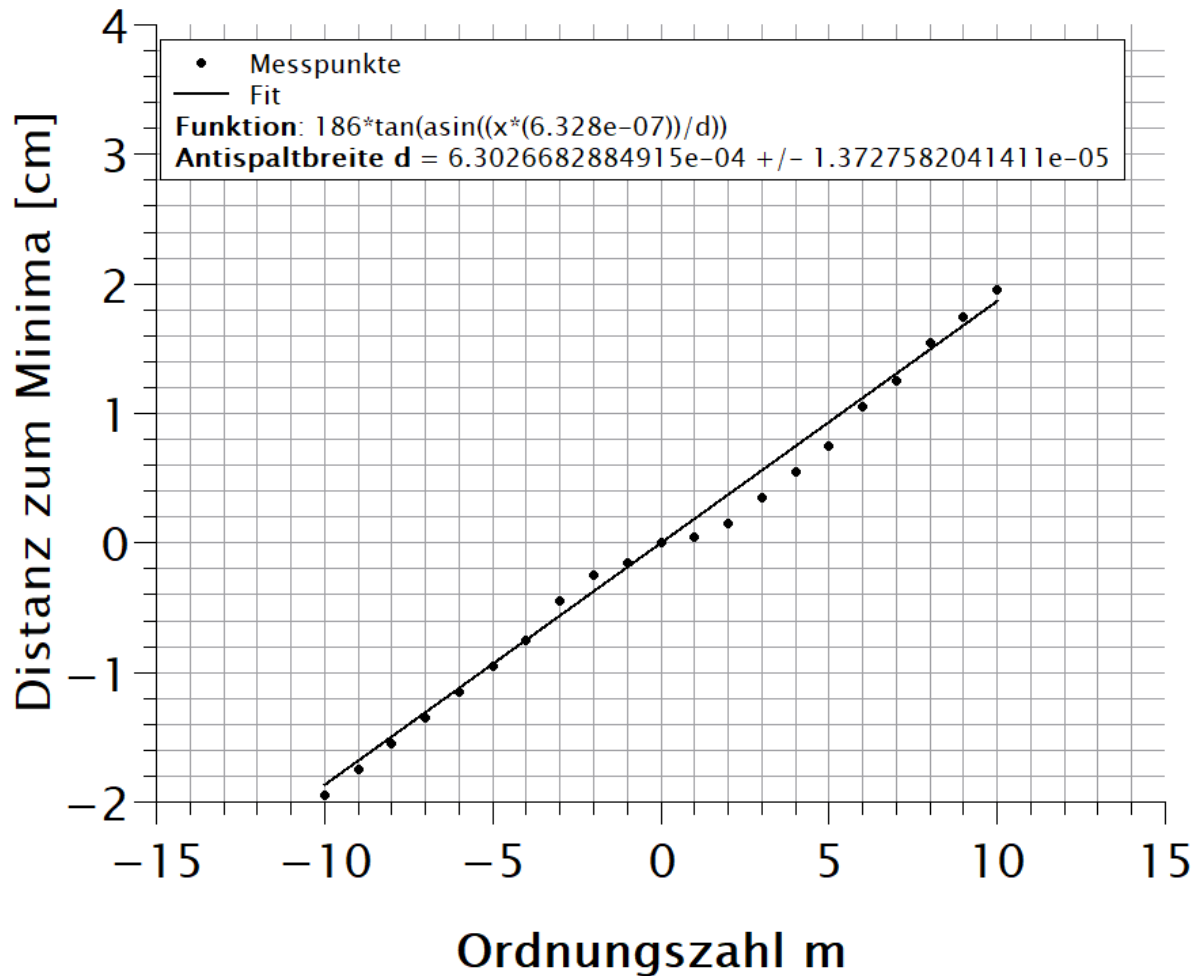


Abbildung 3.5: Hier wird der Abstand vom Mittelpunkt zum Minima des Interferenzmusters bei bestimmter Ordnungszahl, direkter Beobachtung und ohne Linse dargestellt. Dabei wird, wie in der Legende zu sehen ist, die Spaltenbreite mit ihrem Fehler gefittet. Es wurde zum Fit die Distanz vom Objekt zum Schirm von 186cm verwendet.

Antispalt 1 mit Linse

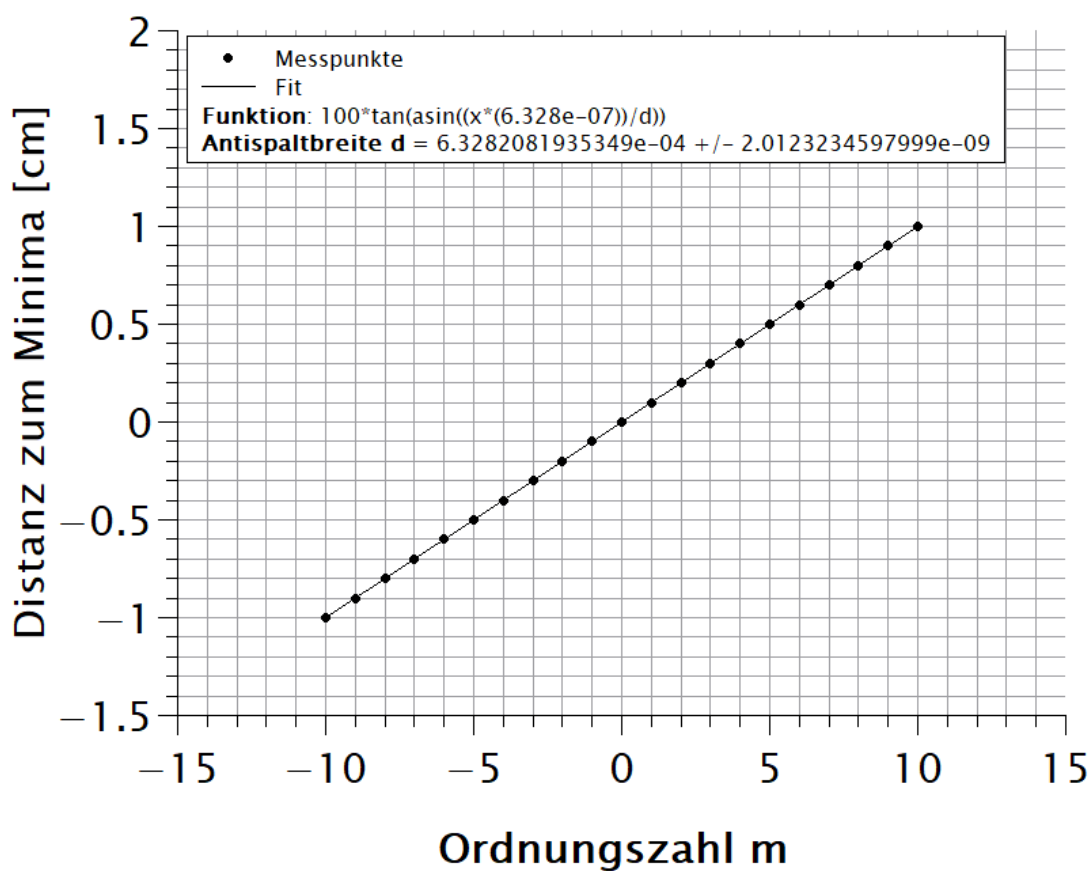


Abbildung 3.6: Hier wird der Abstand vom Mittelpunkt zum Minima des Interferenzmusters bei bestimmter Ordnungszahl, Fraunhofer'scher Beobachtungsart und mit Linse dargestellt. Dabei wird, wie in der Legende zu sehen ist, die Spaltenbreite gefittet. Es wurde zum Fit die Distanz von der Linse zum Schirm von 100cm verwendet.

Anitspalt 2 ohne Linse

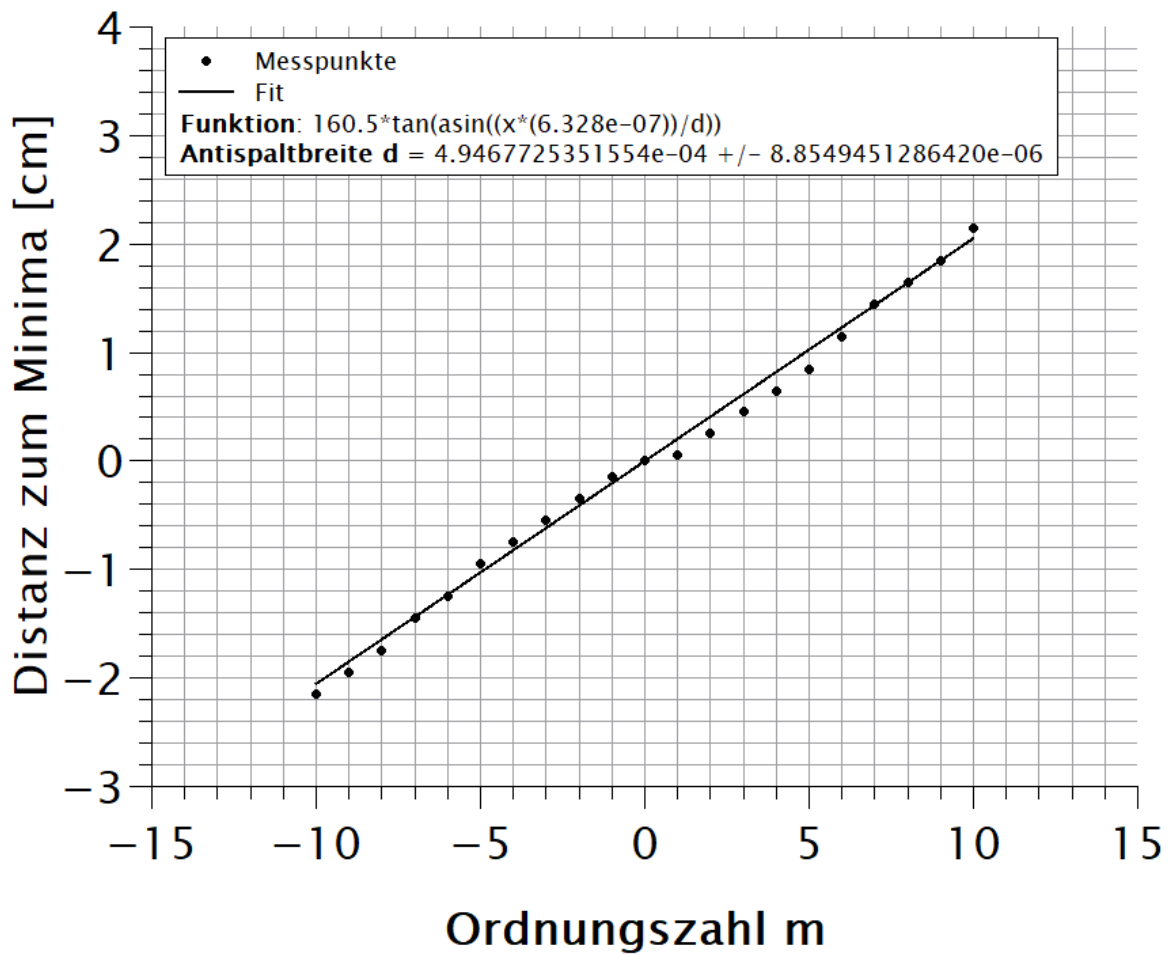


Abbildung 3.7: Hier wird der Abstand vom Mittelpunkt zum Minima des Interferenzmusters bei bestimmter Ordnungszahl, direkter Beobachtung und ohne Linse dargestellt. Dabei wird, wie in der Legende zu sehen ist, die Spaltenbreite mit ihrem Fehler gefittet. Es wurde zum Fit die Distanz vom Objekt zum Schirm von 160.5cm verwendet.

Antispalt 2 mit Linse

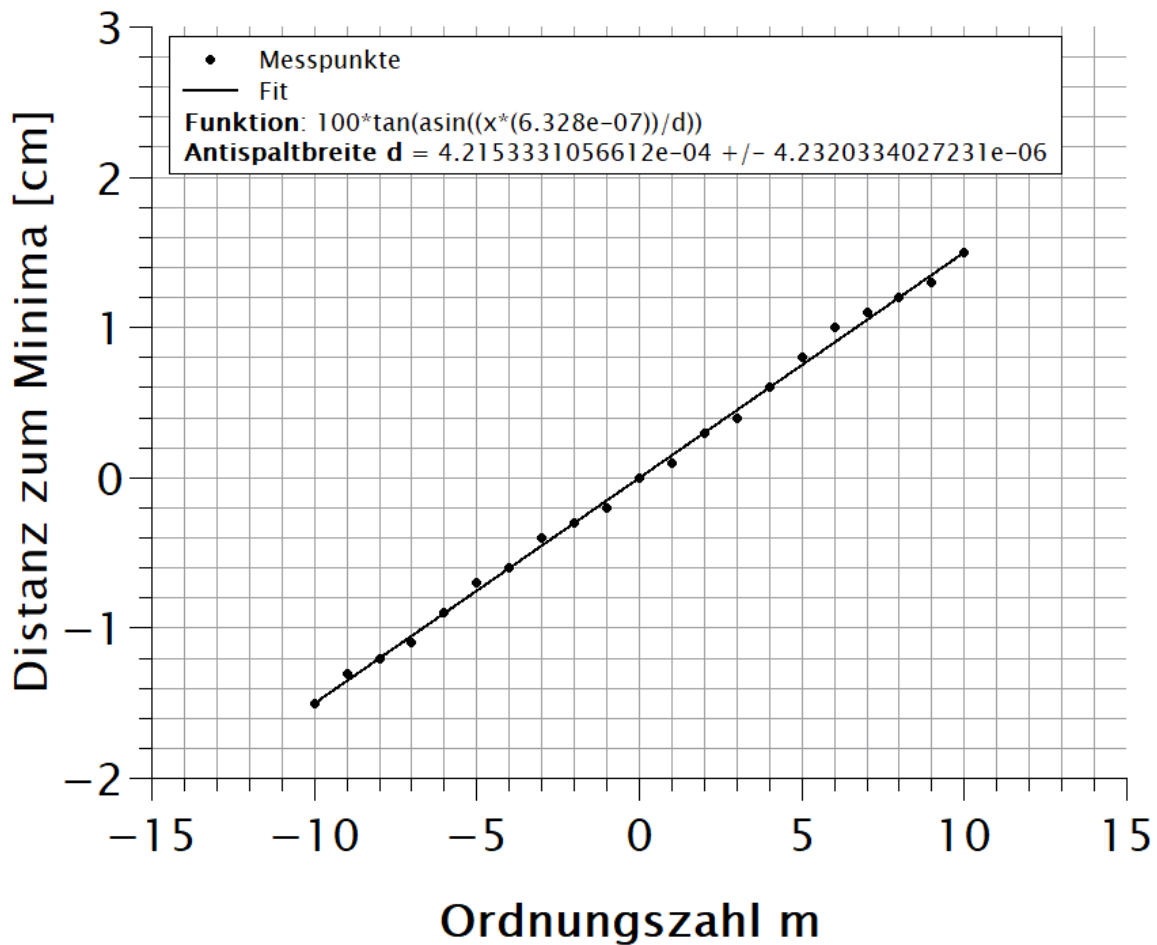


Abbildung 3.8: Hier wird der Abstand vom Mittelpunkt zum Minima des Interferenzmusters bei bestimmter Ordnungszahl, Fraunhofer'scher Beobachtungsart und mit Linse dargestellt. Dabei wird, wie in der Legende zu sehen ist, die Spaltenbreite gefittet. Es wurde zum Fit die Distanz von der Linse zum Schirm von 100cm verwendet.

3.2 Beugung am Loch

4 Fehlerrechnung

5 Resultate und Diskussion

6 Plagiatserklärung

Ich, Andres Minder, der Versuchsleiter in diesem Versuch versichere, dass dieses Laborjournal selbstständig erarbeitet wurde. Alle Quellen und Hilfsmittel aus anderen Werken, die dem Wortlaut oder dem Sinne nach entnommen wurden und zu dieser Arbeit beigetragen haben, sind jeweils kenntlich referenziert.

Ort, Datum:

Brugg, 15.05.2018

Unterschrift des Versuchsleiters:

7 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

1.1	Anordnung der Fresnel'schen Beobachtungsart	1
1.2	Anordnung der Frauenhofer'schen Beobachtungsart	2
2.1	Versuchsaufbau	4
3.1	Spalt 1: ohne Linse	6
3.2	Spalt 1: mit Linse	7
3.3	Spalt 2: ohne Linse	8
3.4	Spalt 2: mit Linse	9
3.5	Antispalt 1: ohne Linse	10
3.6	Antispalt 1: mit Linse	11
3.7	Antispalt 2: ohne Linse	12
3.8	Antispalt 2: mit Linse	13

Literaturverzeichnis

- [1] Keine Angaben. Theorie beugung. Dokument, May 2011.
- [2] Physikzentrum Hochschule für Technik FHNW. 09 interferenz und beugung. Dokument, June 2014.

Anhang