

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	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
3	Auswertung	6
3.1	Beugung am Spalt und Antispalt	6
3.2	Beugung am Loch	14
3.3	Beugung am Strichgitter	17
4	Fehlerrechnung	18
4.1	Statistischer Fehler	18
4.2	Systematischer Fehler	19
4.3	Absoluter Fehler	19
5	Resultate und Diskussion	20
6	Plagiatserklärung	26
7	Verzeichnisse	27
	Abbildungsverzeichnis	27
	Literaturverzeichnis	28
Anhang		29
7.1	Messresultate	29
7.2	Beugung am Strichgitter	36

1 Arbeitsgrundlagen

Um die theoretische Quintessenz dieser Arbeit kurz zu erläutern, werden hier die *Fresnel'sche Beobachtungsart* und die *Frauenhofer'sche Beobachtungsart* gezeigt. Dabei wird die *Beugung am Spalt und Antispalt*, *Beugung am Loch* und die *Beugung am Strichgitter* betrachtet.

1.1 Theoretische Grundlagen

Beugung ist die Abweichung von der geradlinigen Wellenausbreitung, mit Hilfe von Strahlen wird sie beschrieben. Wenn Wellen auf Oberflächen mit Begrenzungen, wie in dieser Arbeit z.B. der Spalt treffen, dann tritt die Beugung auf.

Erklärt werden können diese Beugungseffekte mit Hilfe des Huygens-Fresnel'schen Prinzips. Dabei senden alle Punkte hinter einer Öffnung Sekundär-Kugelwellen aus, deren Überlagerung das neue Wellenfeld liefert. Durch diese Interferenz der Kugelwellen resultiert so mit der Fresnel'schen oder der Frauenhofer'schen Beobachtungsart ein Muster aus Licht (Maximas) und Schatten (Minimas) auf dem Schirm. Dies wird Interferenzmuster genannt[1].

1.1.1 Fresnel'sche Beobachtungsart

Um das Interferenzmuster direkt beobachten zu können wird hier ein Schirm in das Nahfeld gebracht. 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 (deren Brennweite) abhängig. In der Abbildung 1.1 ist die Anordnung dieser Beobachtungsart zu sehen [1].

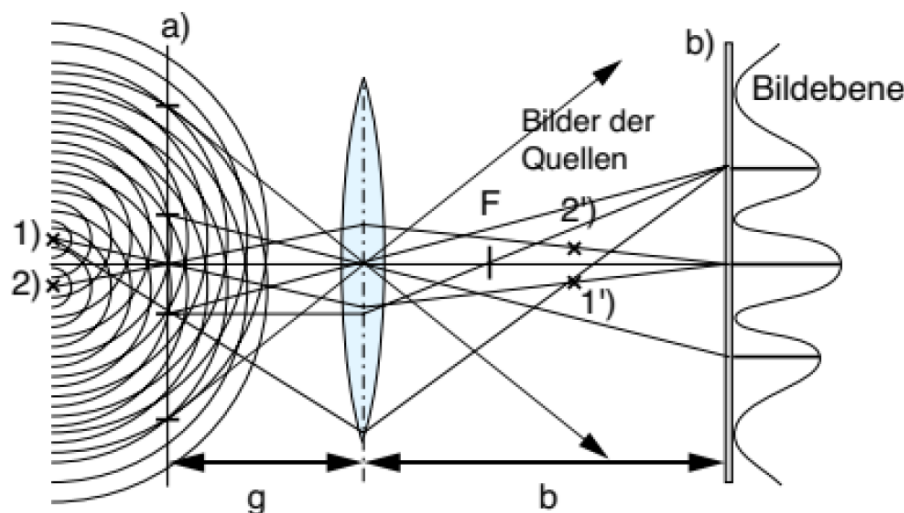


Abbildung 1.1: **Anordnung der Fresnel'schen Beobachtungsart:** Die Wellen der Quellen (1, 2) treffen auf ein Objekt (z.B. Spalt) im Nahfeld (a). Die Kugelwellen interferieren dann. Über eine Linse wird das so entstehende Interferenzmuster an einen Schirm (b) „projiziert“ [1].

1.1.2 Fraunhofer'sche Beobachtungsart

Ein Schirm wird in die Brennebene einer Linse gebracht, welches das Interferenzmuster darauf abbildet. Das somit resultierende Interferenzmuster ist hier nicht von der Lage der Linse zur Quelle abhängig. In der Abbildung 1.2 zu erkennen.

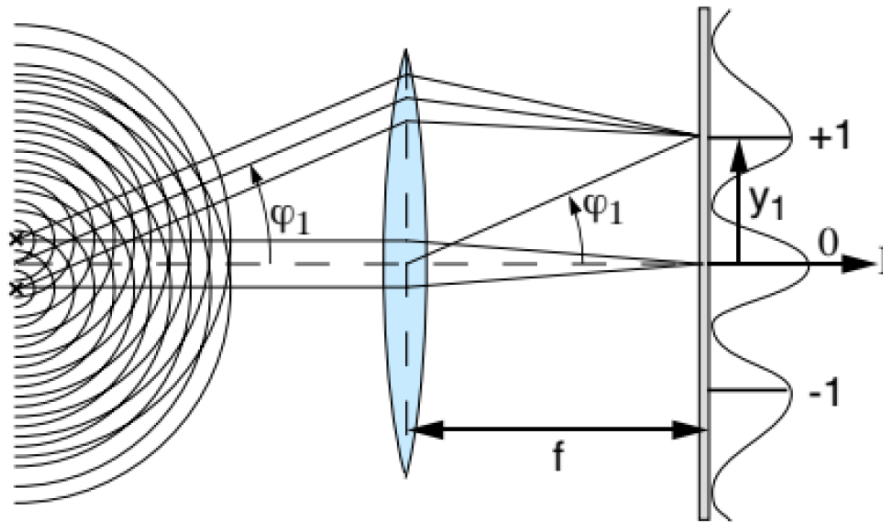


Abbildung 1.2: **Anordnung der Fraunhofer'schen Beobachtungsart:** Das Interferenzmuster der Interferierenden Wellen wird über eine Linse im Fernfeld auf ein Schirm gegeben. Der Schirm steht in der Brennebene mit dem Abstand der Brennweite f der Linse. Das Interferenzmuster ist so unabhängig von der Linsenposition gegenüber dem Objekt [1].

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

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

a_m entspricht der Distanz des Maximums zur Mitte des Interferenzmusters. f der Brennweite. m ist repräsentativ für die Ordnungszahl. λ steht für die Wellenlänge des He-Ne-Laserlichts (rot).

1.1.3 Beugung am Spalt und Antispalt

Beugung am Einzelspalt erzeugt im Fernfeld ein Interferenzmuster, bei welchem sich helle (Maximas) und dunkle (Minimas) Bereiche abwechseln. Die hellen Bereiche sind in der Mitte am hellsten und nach aussen gehend nimmt die Intensität ab. [1].

1.1.4 Beugung am Loch

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

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 folgender Formel 1.2 berechnen:

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

Kreiskoeffizienten für Beugung am Loch

Die ersten 9 Konstanten (m_i) werden für diese Arbeit nach der Formel 1.2 berechnet und unten dargestellt:

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

1.1.5 Beugung am Strichgitter

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

2 Durchführung

2.1 Versuchsanordnung

Auf einer Zeiss-Schiene wird das Ganze aufgebaut, auf der die Beugungsobjekte sowie die Linse für die Fraunhofer'sche Beobachtungsart fixiert werden können. Bei jedem Objekt wird erst die direkte Beobachtungsart (jene ohne Linse), anschließend die Fraunhofer'sche Beobachtungsart (jene mit Linse) angewendet. Die zwei Beobachtungsarten werden im Kapitel Resultate und Diskussion dann mit der Wertvorgabe verglichen.

Als Lichtquelle steht ein He-Ne-Laser ($\lambda = 632.8 \text{ nm}$) zur Verfügung. Mit einem Doppelmeter werden die Distanzen auf der Zeiss-Schiene gemessen. Die Maximas, resp. die Minimas mit Hilfe der Messeinrichtung hinten an der Mattscheibe.

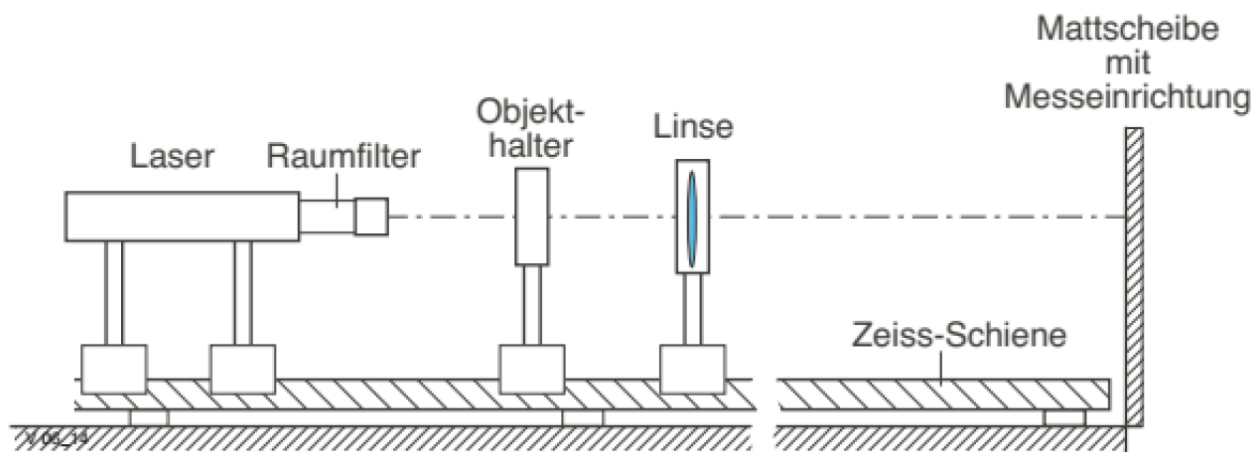


Abbildung 2.1: **Versuchsaufbau:** Zwischen dem He-Ne-Laser und der Mattscheibe mit Messeinrichtung werden die Objekte im Objekthalter befestigt, sowie die Linse mit dem Abstand der Brennweite zur Mattscheibe eingerichtet [2].

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

Hier werden zwei verschiedene Spalte und zwei verschiedene Antispalte nacheinander auf der Zeiss-Schiene montiert und der Abstand der Beugungsmaximas/minimas zum Mittelpunkt hinten auf der Mattscheibe abgelesen. Anschliessend wird die Spaltendicke d mittels Regression mit QTI-Plot bestimmt. Es werden beide Beobachtungsarten für die Messreihen verwendet.

2.2.2 Beugung am Loch

Es werden zwei verschiedene Löcher nacheinander auf der Zeiss-Schiene montiert und der Abstand der Beugungsminima zum Mittelpunkt bestimmt. Dabei wird dann der Lochdurchmesser des Loches bestimmt. Es werden beide Beobachtungsarten für die Messreihen verwendet.

2.2.3 Beugung am Strichgitter

Es werden zwei verschiedene Strichgitter nacheinander auf der Zeiss-Schiene montiert und der Abstand der Beugungsmaxima zum Mittelpunkt bestimmt. Der Gitterlinienabstand wird dann anschließend bestimmt. Es werden beide Beobachtungsarten für die Messreihen verwendet.

2.3 Versuchsobjekte

Objekt	Abmessung	Abweichung s_d
Spalt 1	$200 \cdot 10^{-6} m$	$\pm 4 \cdot 10^{-6} m$
Spalt 2	$150 \cdot 10^{-6} m$	$\pm 4 \cdot 10^{-6} m$
Antispalt 1	$530 \cdot 10^{-6} m$	$\pm 5 \cdot 10^{-6} m$
Antispalt 2	$430 \cdot 10^{-6} m$	$\pm 5 \cdot 10^{-6} m$
Loch 1	$150 \cdot 10^{-6} m$	$\pm 6 \cdot 10^{-6} m$
Loch 2	$100 \cdot 10^{-6} m$	$\pm 4 \cdot 10^{-6} m$
Strichgitter 1	$100 \frac{\text{lines}}{\text{mm}}$	keine Angaben
Strichgitter 2	$80 \frac{\text{lines}}{\text{mm}}$	keine Angaben

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.

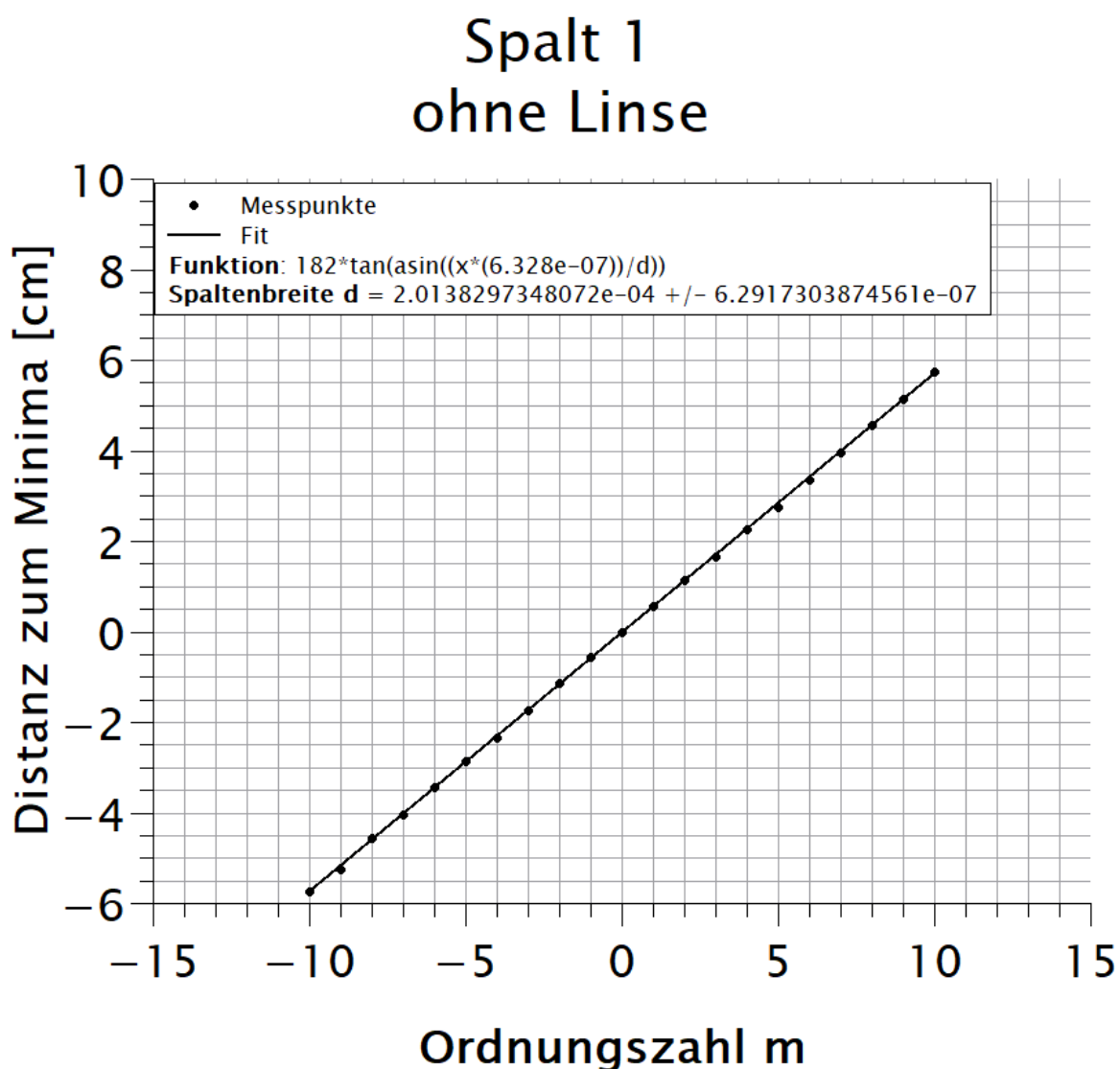


Abbildung 3.1: Hier wird der Abstand vom Mittelpunkt zum Minima des Interferenzmusters bei bestimmter Ordnungszahl, direkter Beobachtung und ohne Linse dargestellt. Dabei wird, wie in der Legende zu sehen ist, die Spaltenbreite mit ihrem Fehler gefittet. Es wurde zum Fit die Distanz vom Objekt zum Schirm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

Spalt 1 mit Linse

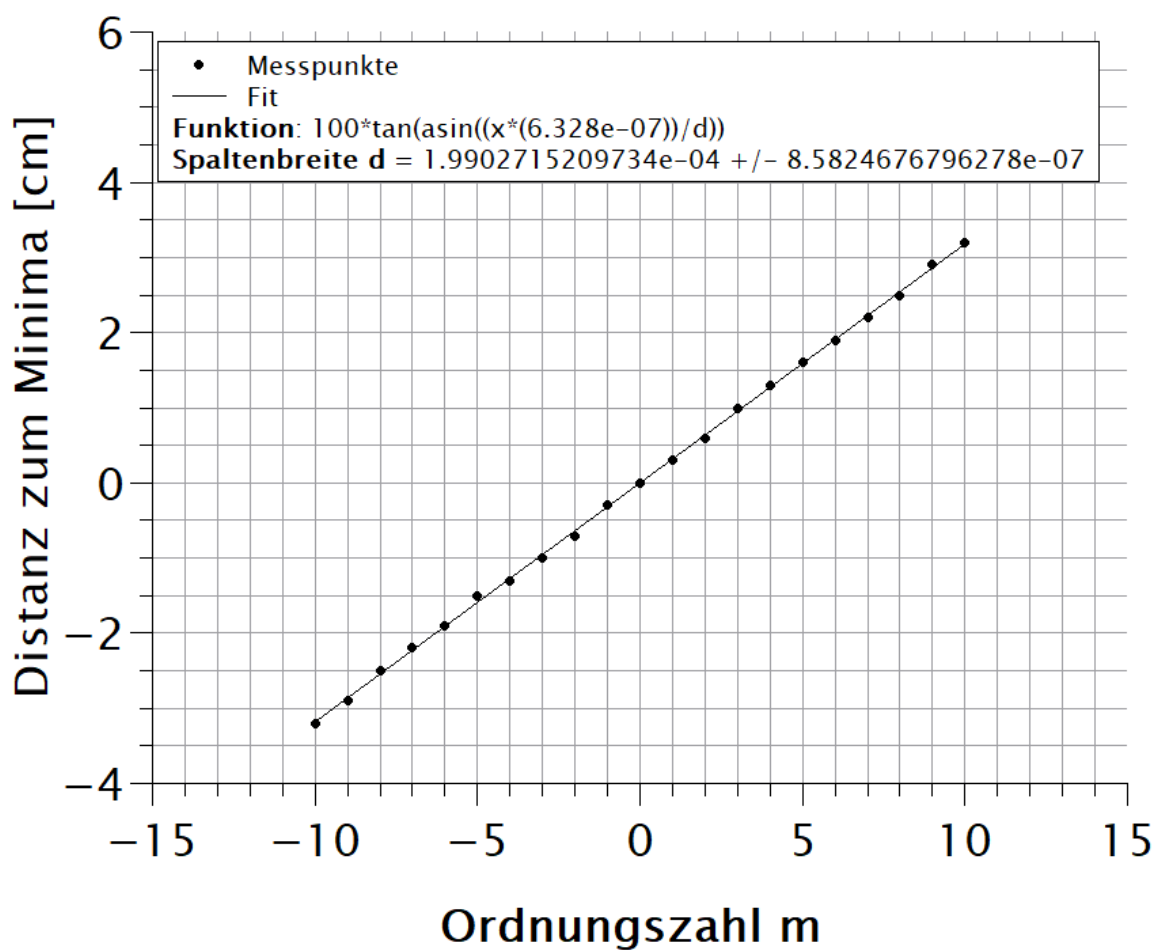
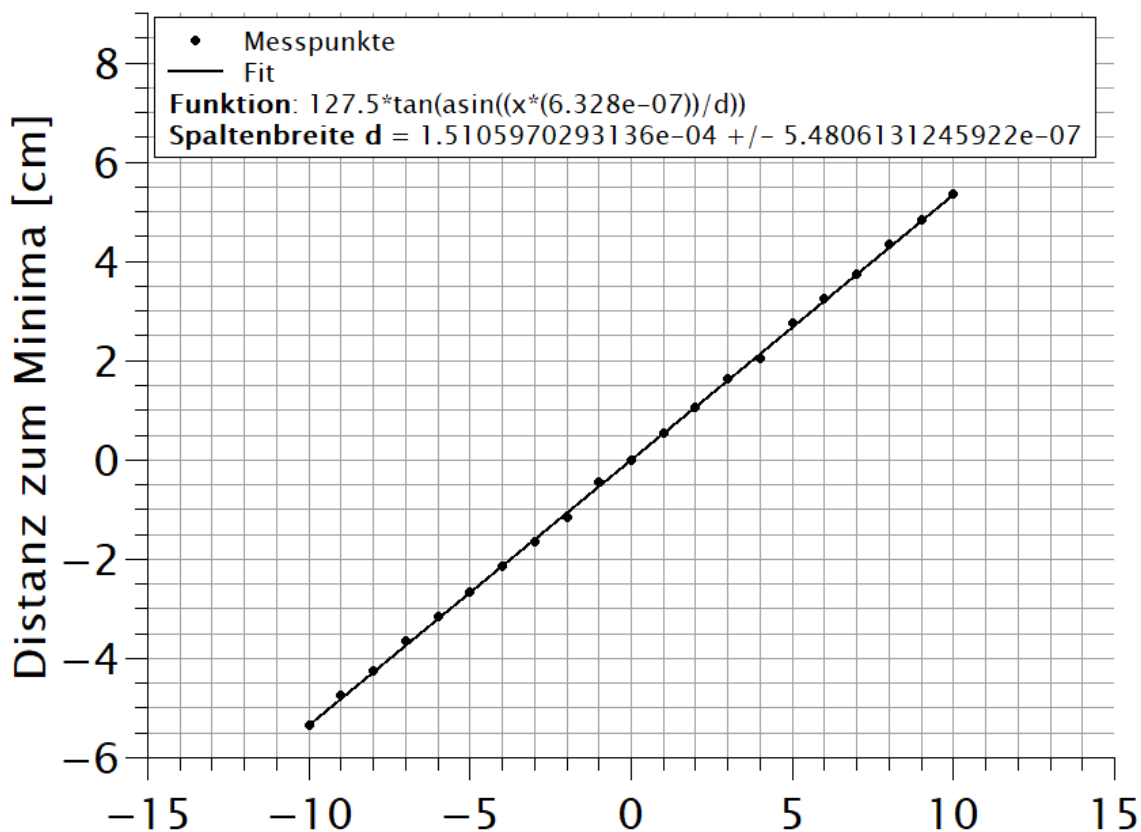


Abbildung 3.2: Hier wird der Abstand vom Mittelpunkt zum Minima des Interferenzmusters bei bestimmter Ordnungszahl, Fraunhofer'scher Beobachtungsart und mit Linse dargestellt. Dabei wird, wie in der Legende zu sehen ist, die Spaltenbreite gefittet. Es wurde zum Fit die Distanz von der Linse zum Schirm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

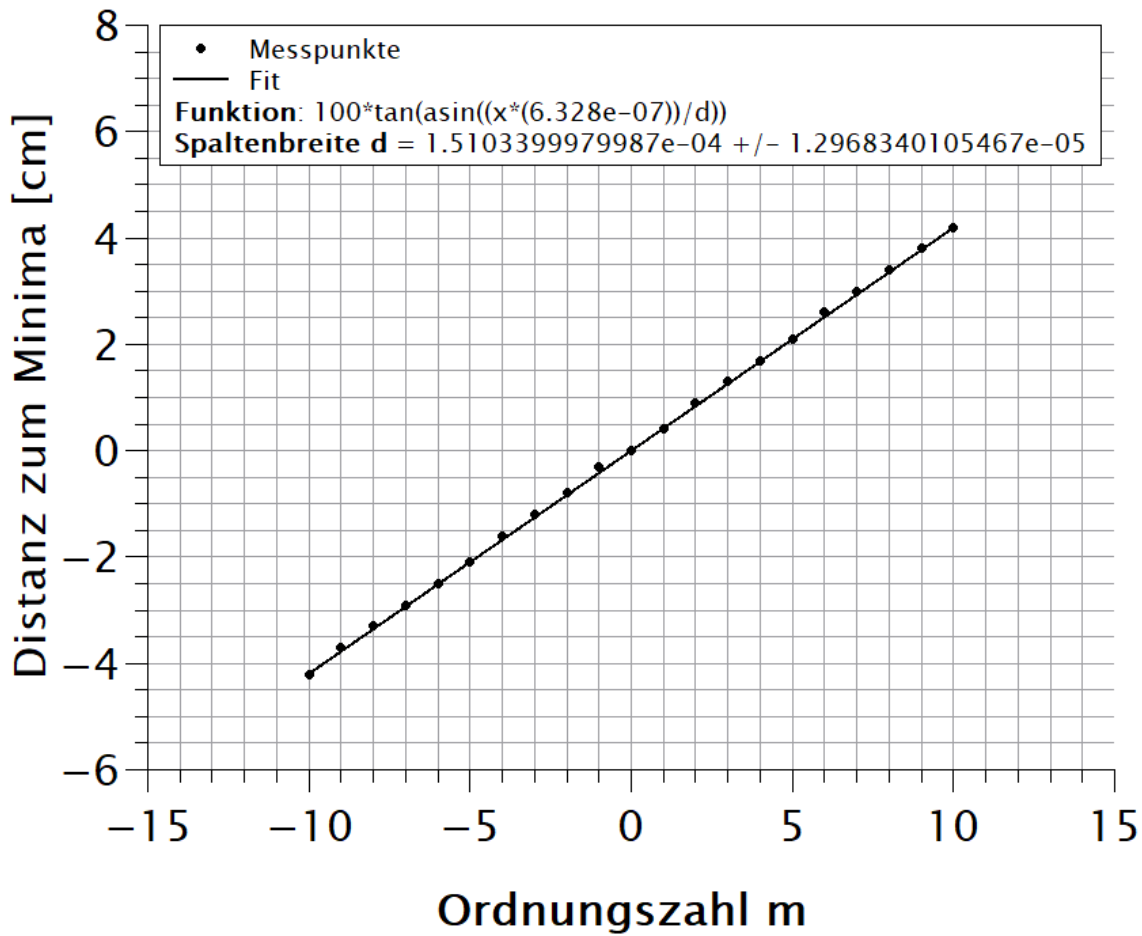


Abbildung 3.4: Hier wird der Abstand vom Mittelpunkt zum Minima des Interferenzmusters bei bestimmter Ordnungszahl, Fraunhofer'scher Beobachtungsart und mit Linse dargestellt. Dabei wird, wie in der Legende zu sehen ist, die Spaltenbreite gefittet. Es wurde zum Fit die Distanz von der Linse zum Schirm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

Antispalt 1 ohne Linse

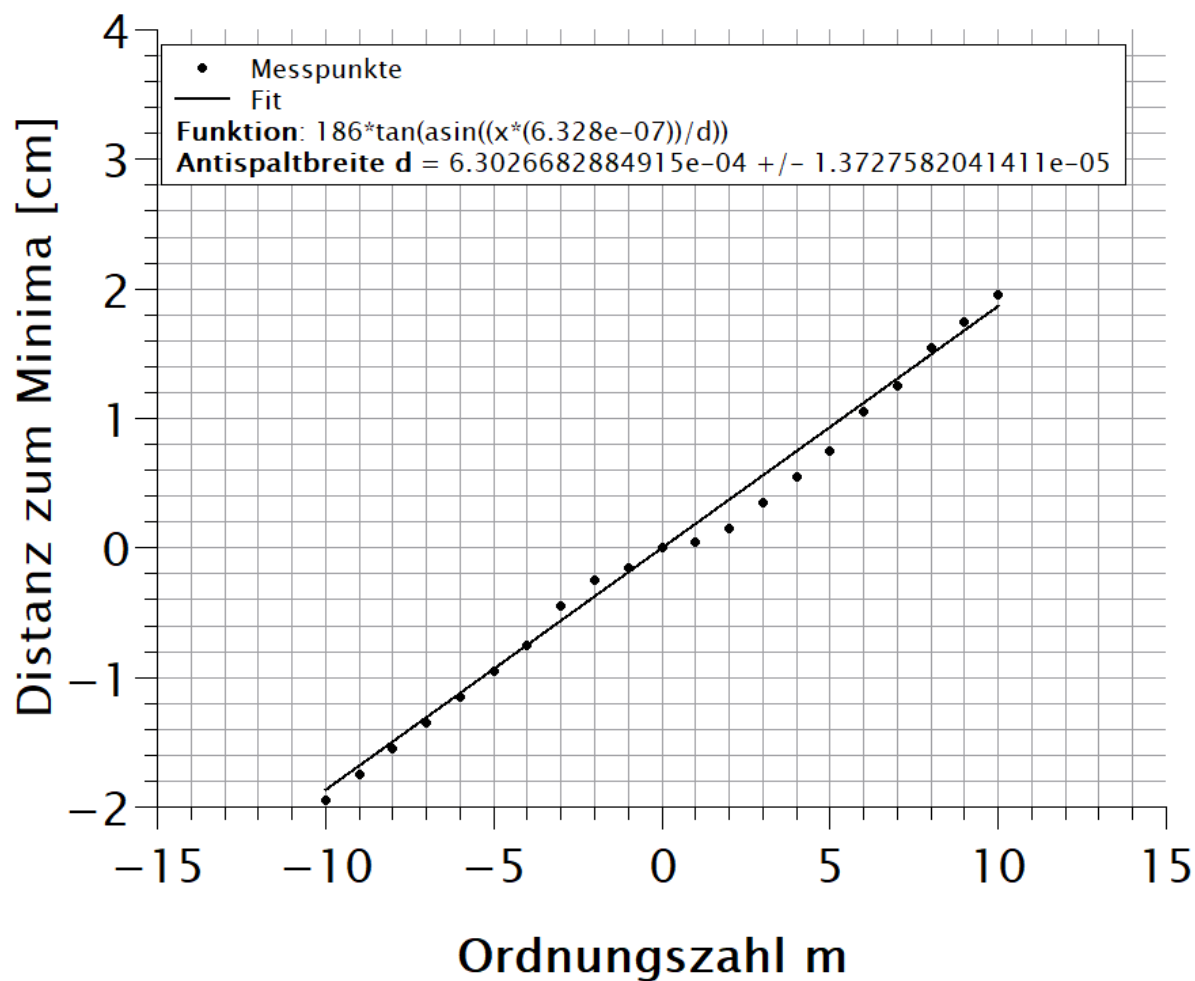


Abbildung 3.5: Hier wird der Abstand vom Mittelpunkt zum Minima des Interferenzmusters bei bestimmter Ordnungszahl, direkter Beobachtung und ohne Linse dargestellt. Dabei wird, wie in der Legende zu sehen ist, die Spaltenbreite mit ihrem Fehler gefittet. Es wurde zum Fit die Distanz vom Objekt zum Schirm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

Antispalt 1 mit Linse

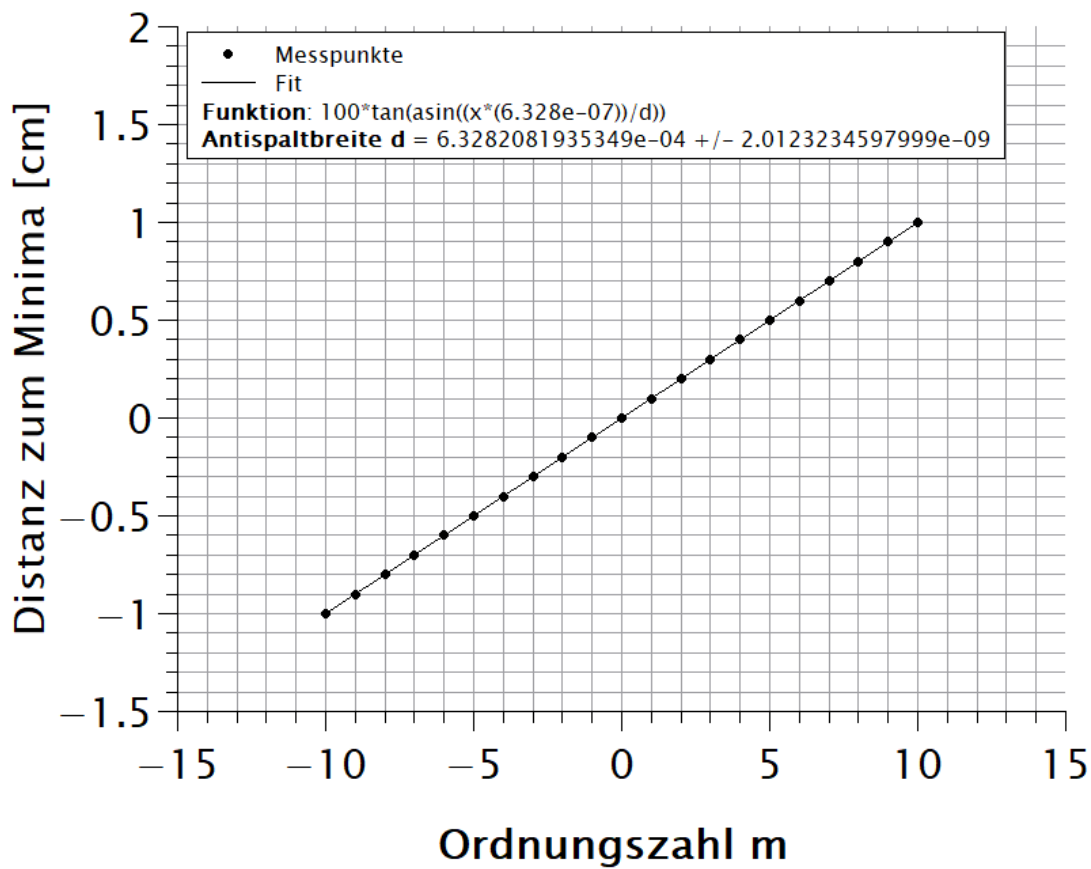


Abbildung 3.6: Hier wird der Abstand vom Mittelpunkt zum Minima des Interferenzmusters bei bestimmter Ordnungszahl, Fraunhofer'scher Beobachtungsart und mit Linse dargestellt. Dabei wird, wie in der Legende zu sehen ist, die Spaltenbreite gefittet. Es wurde zum Fit die Distanz von der Linse zum Schirm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

Anitspalt 2 ohne Linse

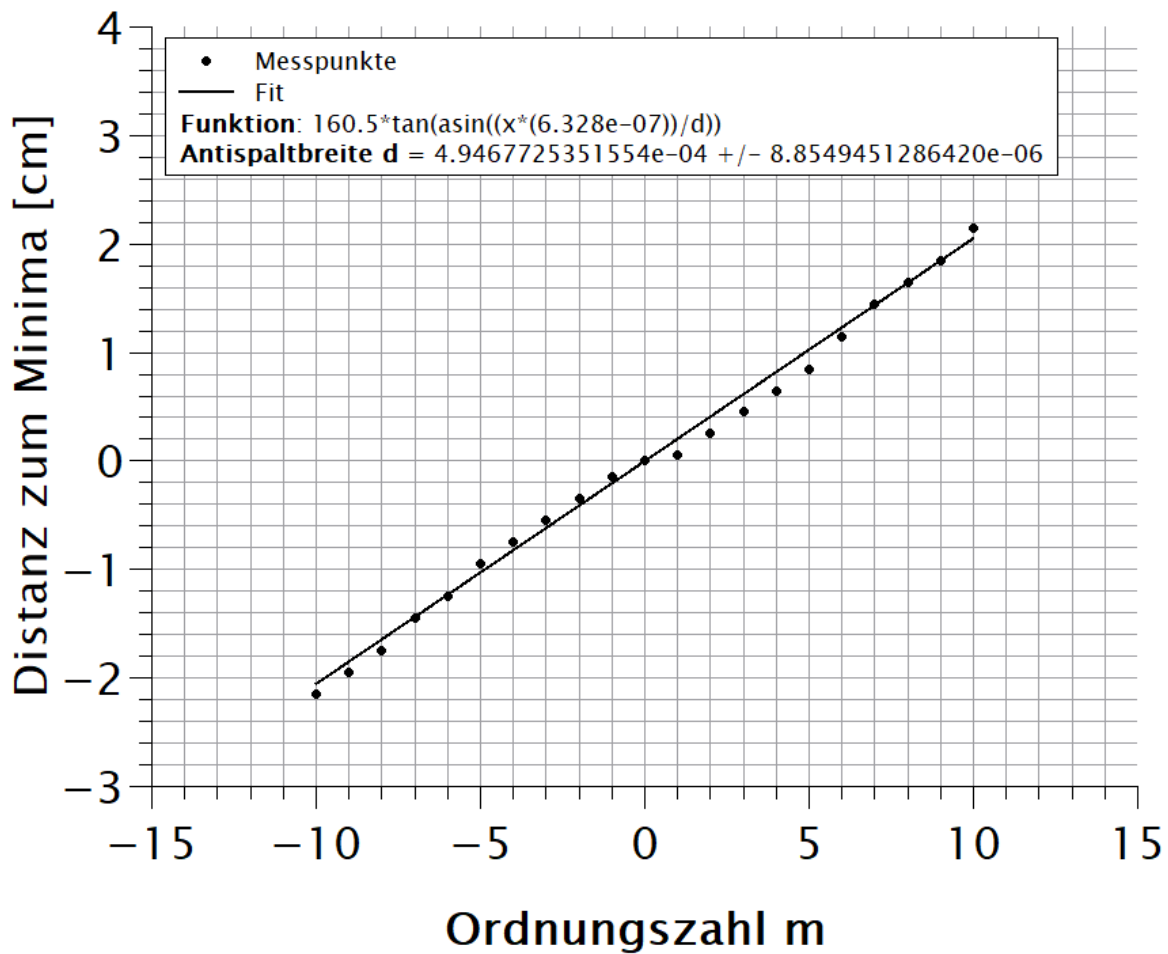


Abbildung 3.7: Hier wird der Abstand vom Mittelpunkt zum Minima des Interferenzmusters bei bestimmter Ordnungszahl, direkter Beobachtung und ohne Linse dargestellt. Dabei wird, wie in der Legende zu sehen ist, die Spaltenbreite mit ihrem Fehler gefittet. Es wurde zum Fit die Distanz vom Objekt zum Schirm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

Antispalt 2 mit Linse

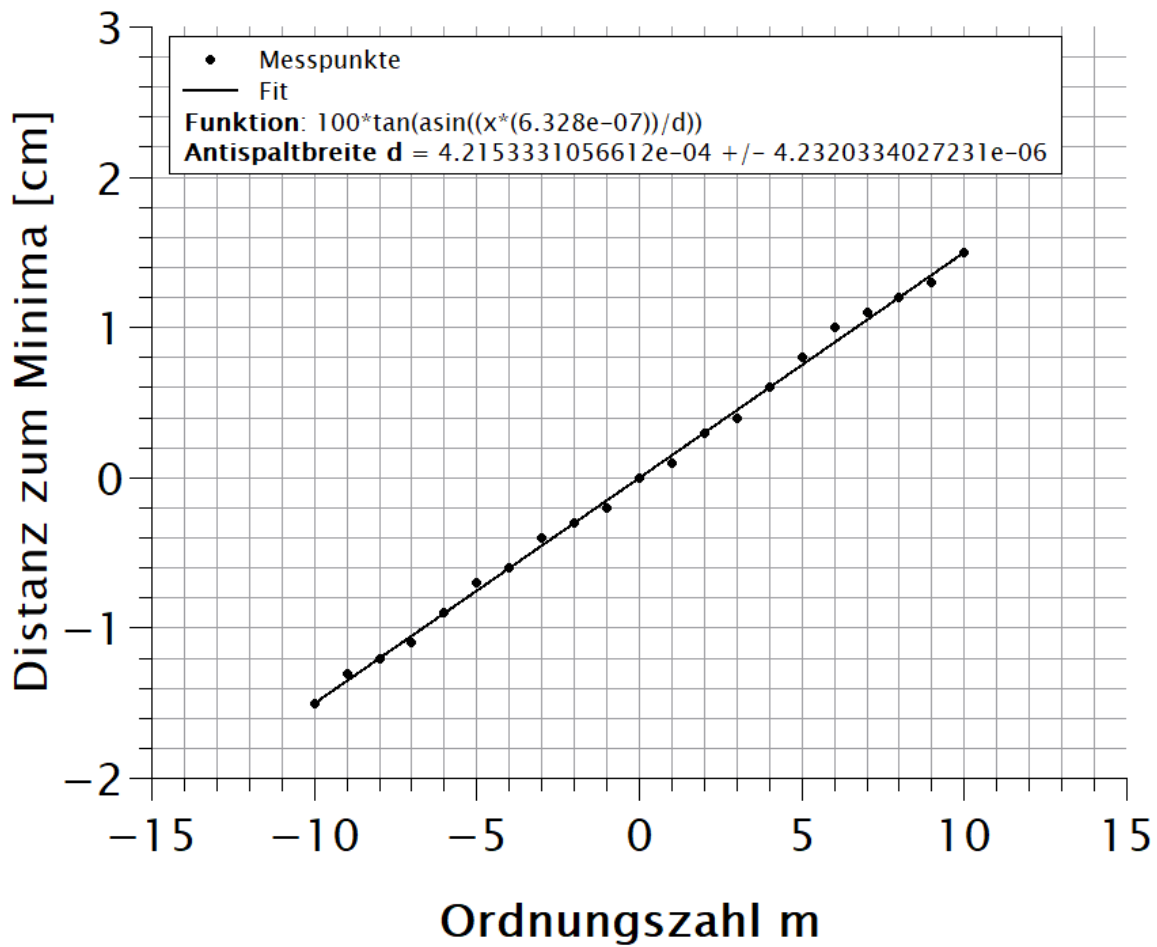


Abbildung 3.8: Hier wird der Abstand vom Mittelpunkt zum Minima des Interferenzmusters bei bestimmter Ordnungszahl, Fraunhofer'scher Beobachtungsart und mit Linse dargestellt. Dabei wird, wie in der Legende zu sehen ist, die Spaltenbreite gefittet. Es wurde zum Fit die Distanz von der Linse zum Schirm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

3.2 Beugung am Loch

Hier werden die horizontal zum Mittelpunkt liegenden Minimas der Ringe des Interferenzmusters bestimmt. Nach der Gleichung 1.1 wird dann der Durchmesser des Loches gefittet. Nach Empfehlung des Dozenten wurde das Antiloch weggelassen.

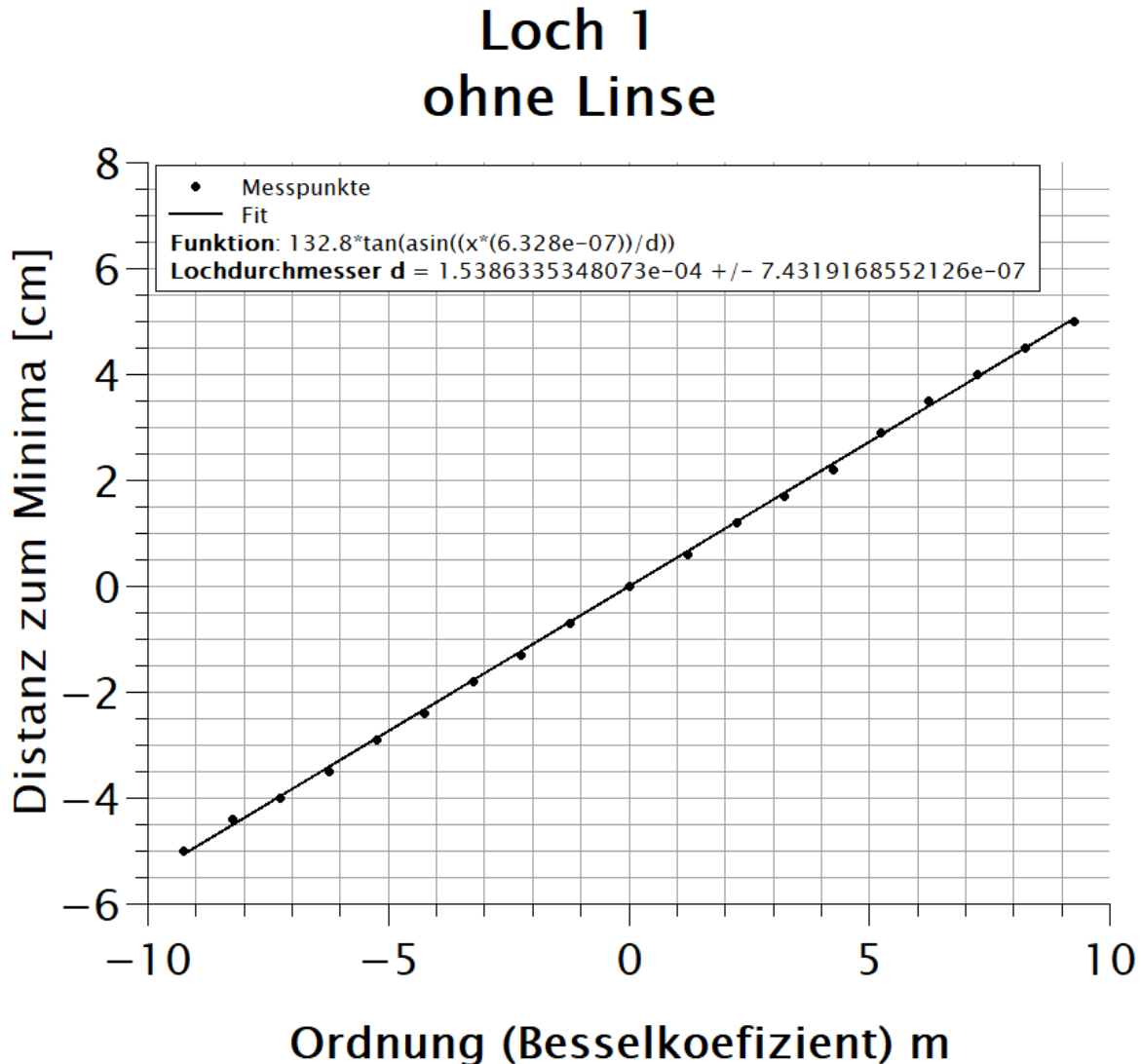


Abbildung 3.9: Hier repräsentiert jeder Messpunkt den Abstand vom Nullpunkt zum Minima der Ringe des Interferenzmusters nach dem Durchschreiten des He-Ne-Lasers durch das Loch mit direkter Beobachtungsart und ohne Linse. Dabei wurden für die Ordnung die bereits eruierten Koeffizienten verwendet. Als Abstand zum Schirm wurde die Distanz vom Objekt (Loch) zum Schirm direkt in die Gleichung 1.1 von 132.8cm eingefügt.

Loch 1 mit Linse

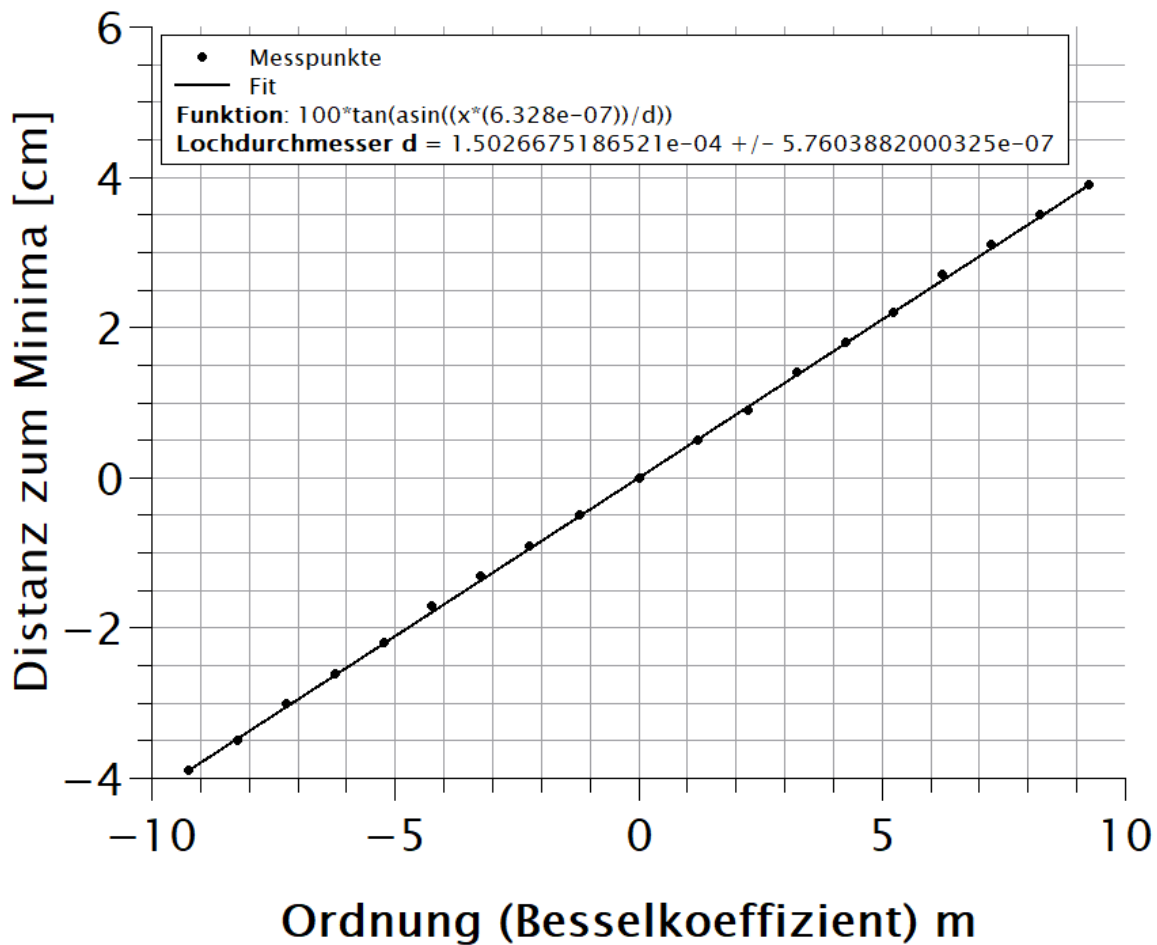


Abbildung 3.10: Hier repräsentiert jeder Messpunkt den Abstand vom Nullpunkt zum Minima der Ringe des Interferenzmusters nach dem Durchschreiten des He-Ne-Lasers durch das Loch mit Fraunhofer'scher Beobachtungsart und mit Linse. Dabei wurden für die Ordnung die bereits eruierten Koeffizienten verwendet. Als Abstand zum Schirm wurde die Distanz von der Linse zum Schirm direkt in die Gleichung 1.1 von 100cm eingefügt.

Loch 2 ohne Linse

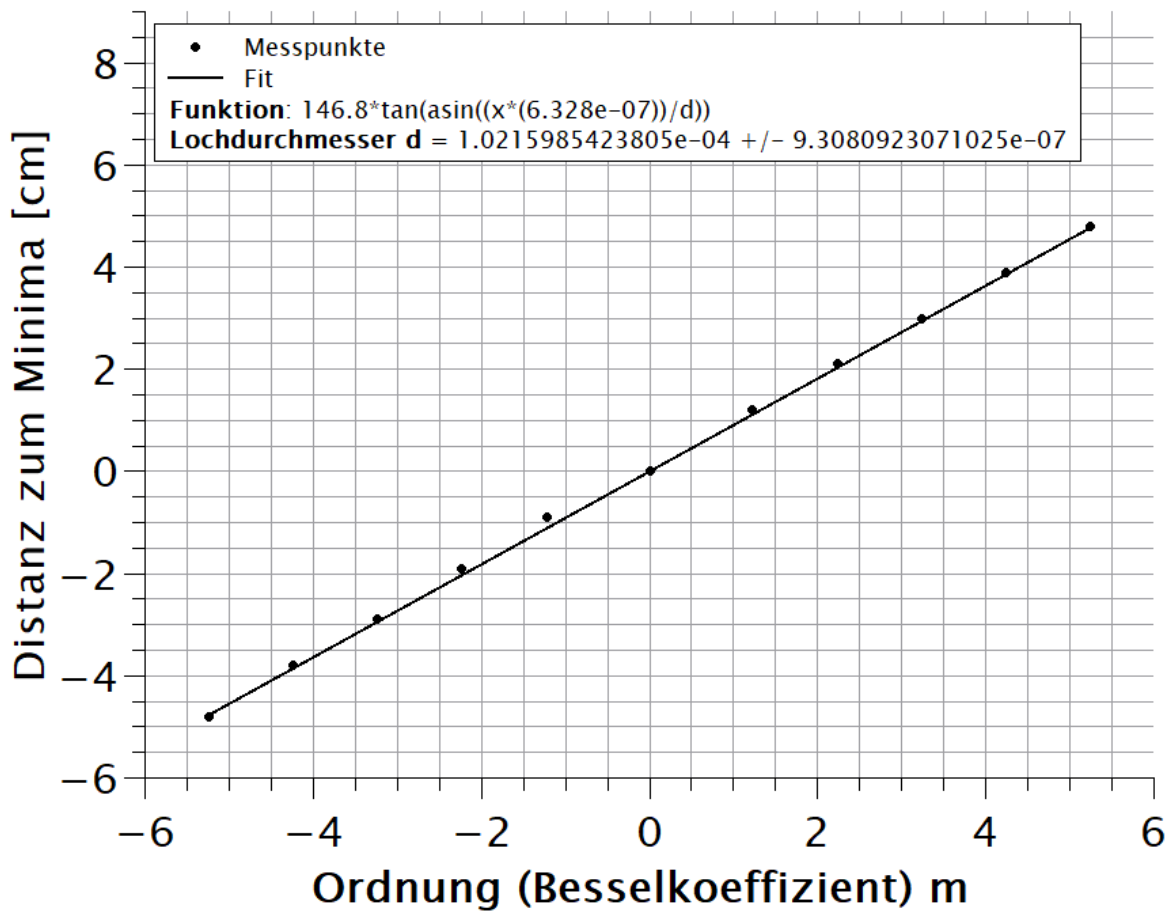


Abbildung 3.11: Hier repräsentiert jeder Messpunkt den Abstand vom Nullpunkt zum Minima der Ringe des Interferenzmusters nach dem Durchschreiten des He-Ne-Lasers durch das Loch mit direkter Beobachtungsart und ohne Linse. Dabei wurden für die Ordnung die bereits eruierten Koeffizienten verwendet. Als Abstand zum Schirm wurde die Distanz vom Objekt (Loch) zum Schirm direkt in die Gleichung 1.1 von 146.5cm eingefügt.

Loch 2 mit Linse

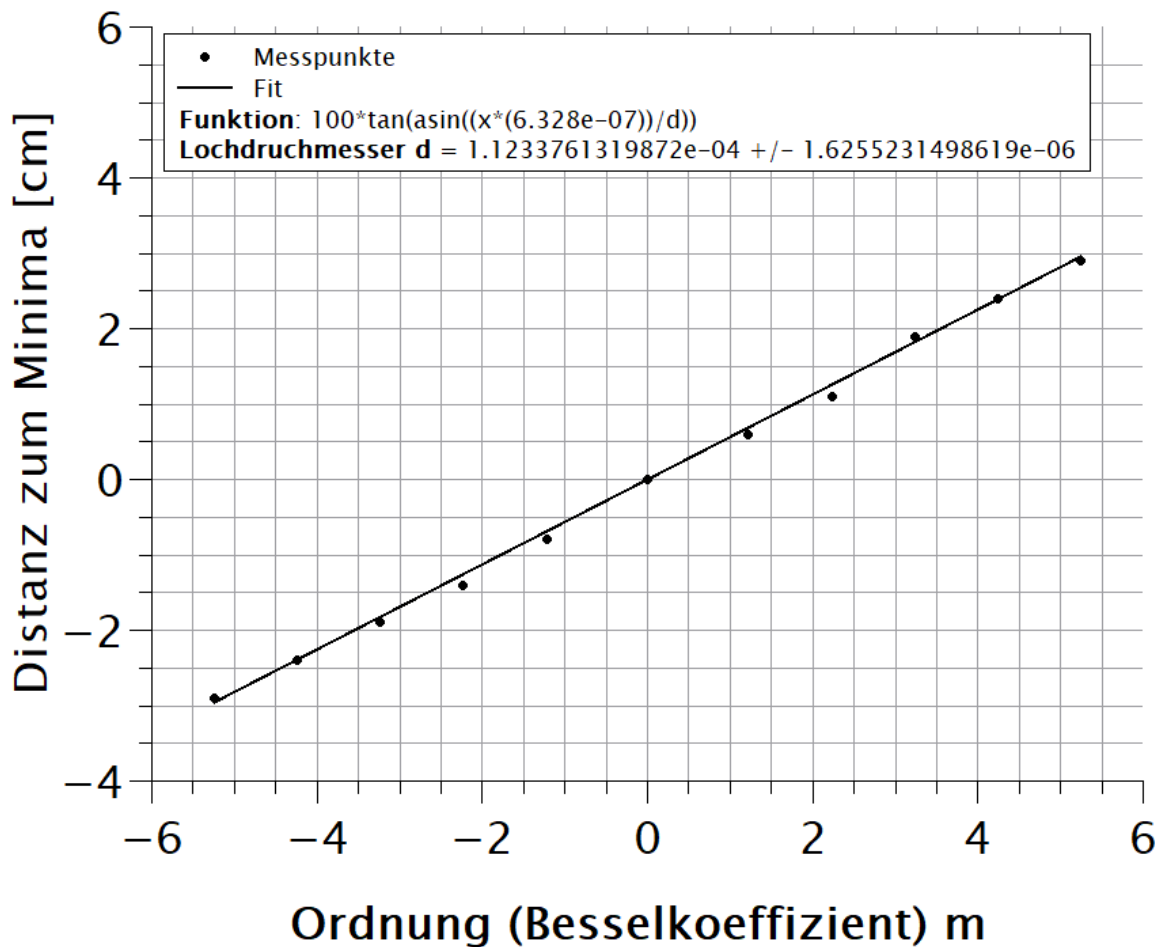


Abbildung 3.12: Hier repräsentiert jeder Messpunkt den Abstand vom Nullpunkt zum Minima der Ringe des Interferenzmusters nach dem Durchschreiten des He-Ne-Lasers durch das Loch mit Fraunhofer'scher Beobachtungsart und mit Linse. Dabei wurden für die Ordnung die bereits eruierten Koeffizienten verwendet. Als Abstand zum Schirm wurde die Distanz von der Linse zum Schirm direkt in die Gleichung 1.1 von 100cm eingefügt.

3.3 Beugung am Strichgitter

Bei den Auswertungen/Messungen der Beugung des Lichts am Strichgitter traten Komplikationen auf, womit diese Ergebnisse zu keinem plausiblen Resultat führten. Die Plots sind im Anhang im Kapitel 7.2 *Beugung am Strichgitter* zu finden

4 Fehlerrechnung

4.1 Statistischer Fehler

Der statistische Fehler lässt sich hier folgend berechnen:

1. Die Gleichung 1.1 muss nach der Dicke/Lochdurchmesser d des Spaltes/Loches, resp. des Antispaltes/-loches aufgelöst werden.

$$a_m = f \cdot \tan \left(\arcsin \left[\frac{m \cdot \lambda}{d} \right] \right) \Rightarrow d = \frac{m * \lambda}{\sin(\arctan(\frac{a_m}{f}))} \quad (4.1)$$

2. Nun kann für jede einzelne Messreihe des Interferenzmusters die Werte eingesetzt und anschließend der Mittelwert bestimmt werden. Für die Messreihe **Spalt1 ohne Linse** (Auswertung 3.1) entspricht dies dem Wert $d = 2.0138e - 04$. Daraus ergibt sich für den Fehler:

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum_{m=-10}^{10} (d(m, a_{mn}) - \bar{d})^2}{420}} \quad (4.2)$$

Dabei steht der Eingabeparameter m in der Summe für die Ordnungszahl des Interferenzmusters.

Nach dieser Vorgehensweise wird der statistische Fehler berechnet, da der Fehler eher aus Ablesefehler besteht. Daraus ergeben sich folgende Fehler für die verschiedenen Messreihen:

Spalt 1 ohne Linse:	<u><u>$\pm 6.29173e - 07$</u></u>
Spalt 1 mit Linse:	<u><u>$\pm 8.58246e - 07$</u></u>
Spalt 2 ohne Linse:	<u><u>$\pm 5.48061e - 07$</u></u>
Spalt 2 mit Linse:	<u><u>$\pm 1.29683e - 05$</u></u>
Antispalt 1 ohne Linse:	<u><u>$\pm 1.37275e - 05$</u></u>
Antispalt 1 mit Linse:	<u><u>$\pm 2.01232e - 09$</u></u>
Antispalt 2 ohne Linse:	<u><u>$\pm 8.85494e - 06$</u></u>
Antispalt 2 mit Linse:	<u><u>$\pm 4.23203e - 06$</u></u>
Loch 1 ohne Linse:	<u><u>$\pm 7.43191e - 07$</u></u>
Loch 1 mit Linse:	<u><u>$\pm 5.76038e - 07$</u></u>
Loch 2 ohne Linse:	<u><u>$\pm 9.30809e - 07$</u></u>
Loch 2 mit Linse:	<u><u>$\pm 1.62552e - 06$</u></u>

Die Fits für die Strichgitter ergaben keine schöne Ergebnisse, weshalb diese weggelassen wurden.

4.2 Systematischer Fehler

Das einzige Element in diesem Versuch, welche eine systematische Fehlerquelle wäre, ist der He-Ne-Laser. Da dieser nach *Leif Physik* [3] mit den höheren und tieferen Energieniveaus der Helium- und Neonatomen arbeitet, ist dessen Unsicherheit auf die Wellenlänge des roten Lichts vernachlässigbar klein. Somit ist keine Gauß'sche Fehlerfortpflanzung nötig.

4.3 Absoluter Fehler

Statistischer und systematischer Fehler werden quadriert und als Diskriminante unter der Wurzel aufsummiert. Daraus ergibt sich der absolute Fehler jeder Messung. Da aber der systematische Fehler vernachlässigt wird, wäre der absolute Fehler equivalent zum statistischen Fehler.

5 Resultate und Diskussion

Durchlaufend durch diese Arbeit wurden jeweils mittels QTI-Plots die Dicke/Lochdurchmesser mit deren Fehlern gefittet (Siehe Kapitel 3 *Auswertung*). Im Anhang unter *Messresultate* sind die Werte der benutzten Objekten hinterlegt, mit welchen die gefitteten nun graphisch verglichen werden. Die Werte für die Strichgitter sind hier nicht nochmals aufgeführt, da für jene keine Fehlerrechnung gemacht wurde.

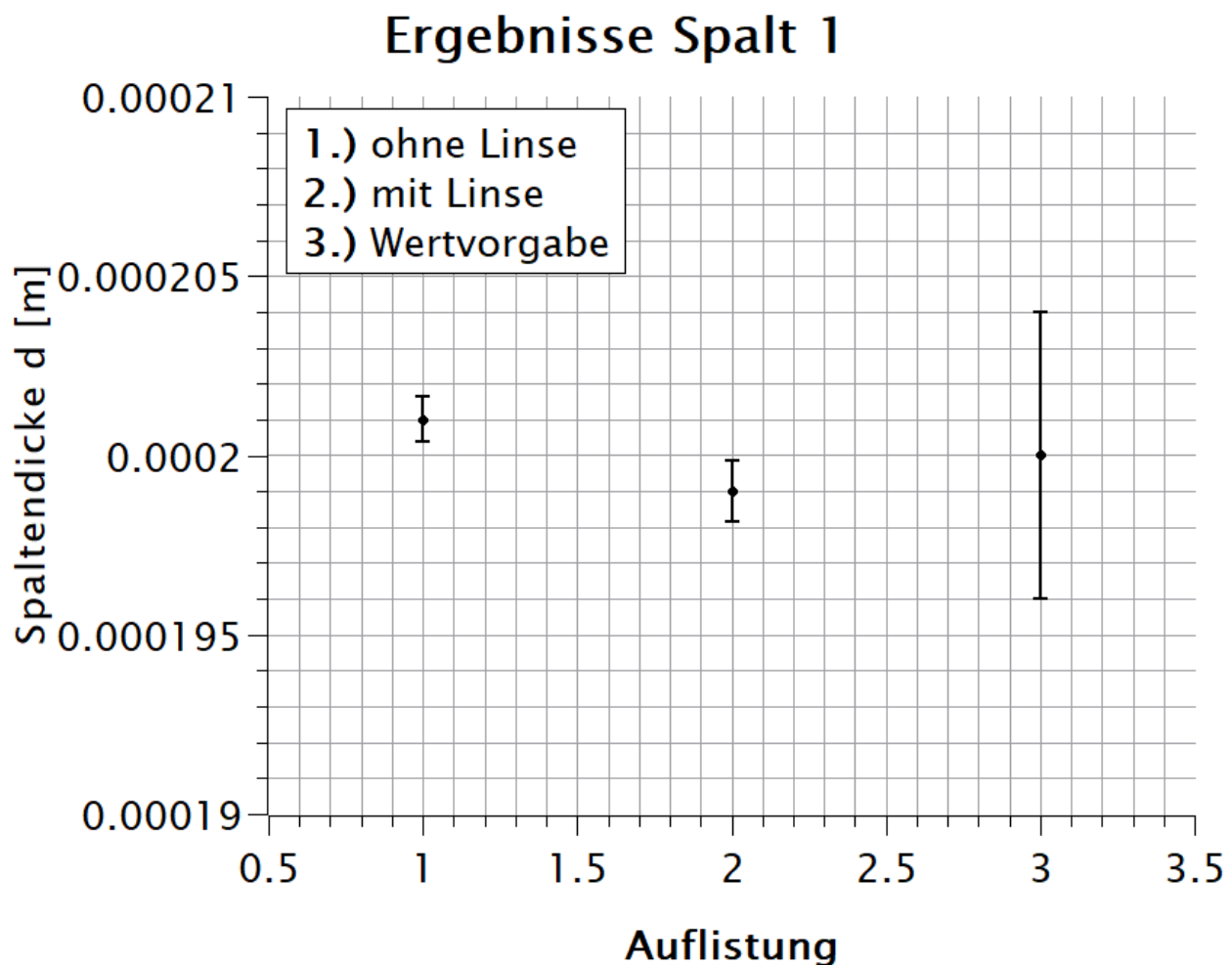


Abbildung 5.1: Deutlich zu sehen ist, dass die zwei Messreihen (mit und ohne Linse) im Bereich der Wertvorgabe liegen. Der numerische Wert der Wertvorgabe ist in der Abbildung 7.1 einzusehen. Somit ist die Spaltendicke verifiziert.

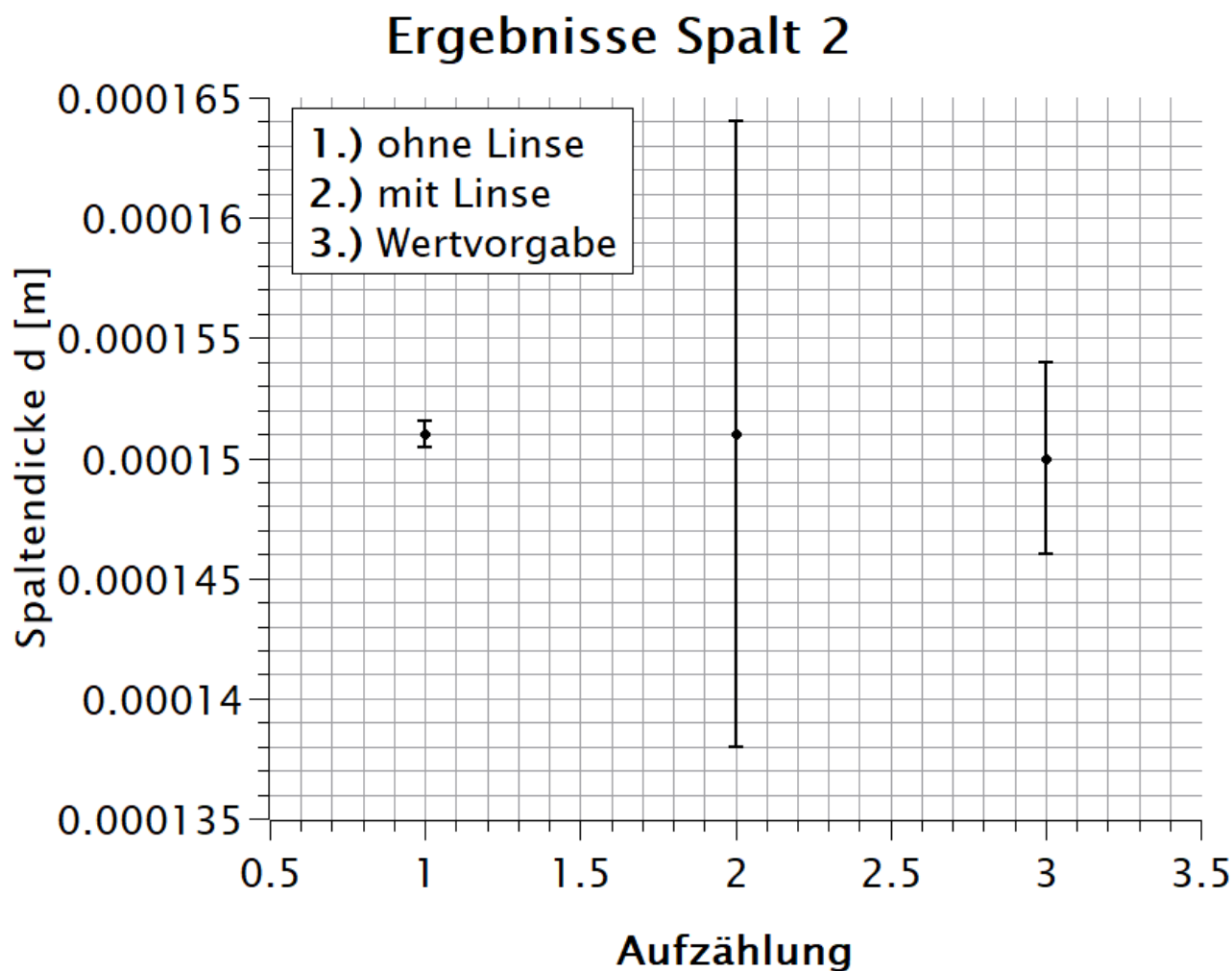


Abbildung 5.2: Auch hier liegen beide gemessenen Werte innerhalb des Bereiches, welcher von der Wertvorgabe für die Spaltendicke vorgegeben ist. Allerdings ist die Unsicherheit mit der Linse etwas höher, was durch ungenaues Ablesen kausieren könnte. Dennoch ist die Spaltendicke verifiziert.

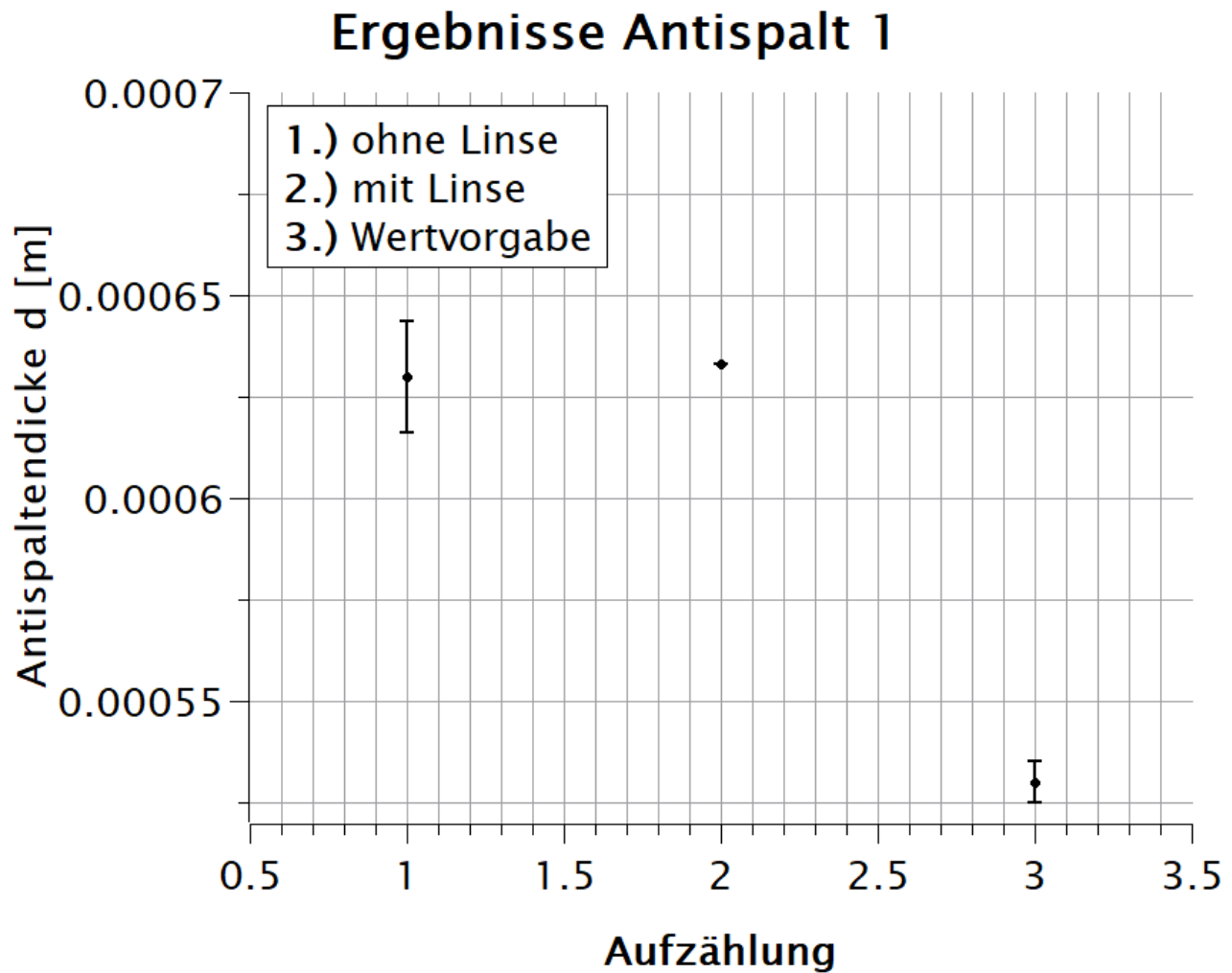


Abbildung 5.3: Hier weicht das Gemessene um ca. $100\mu\text{m}$ vom vorgegebenen Wert ab. Dies könnte durch falsches Aufschreiben des Antispalts passiert sein. Denn beide Messreihen liegen sehr nahe beieinander. Zudem sind im Allgemeinen die Messwerte beim Antispalt etwas ungenauer. Es könnte auch auf die falsche Weise gemessen worden sein.

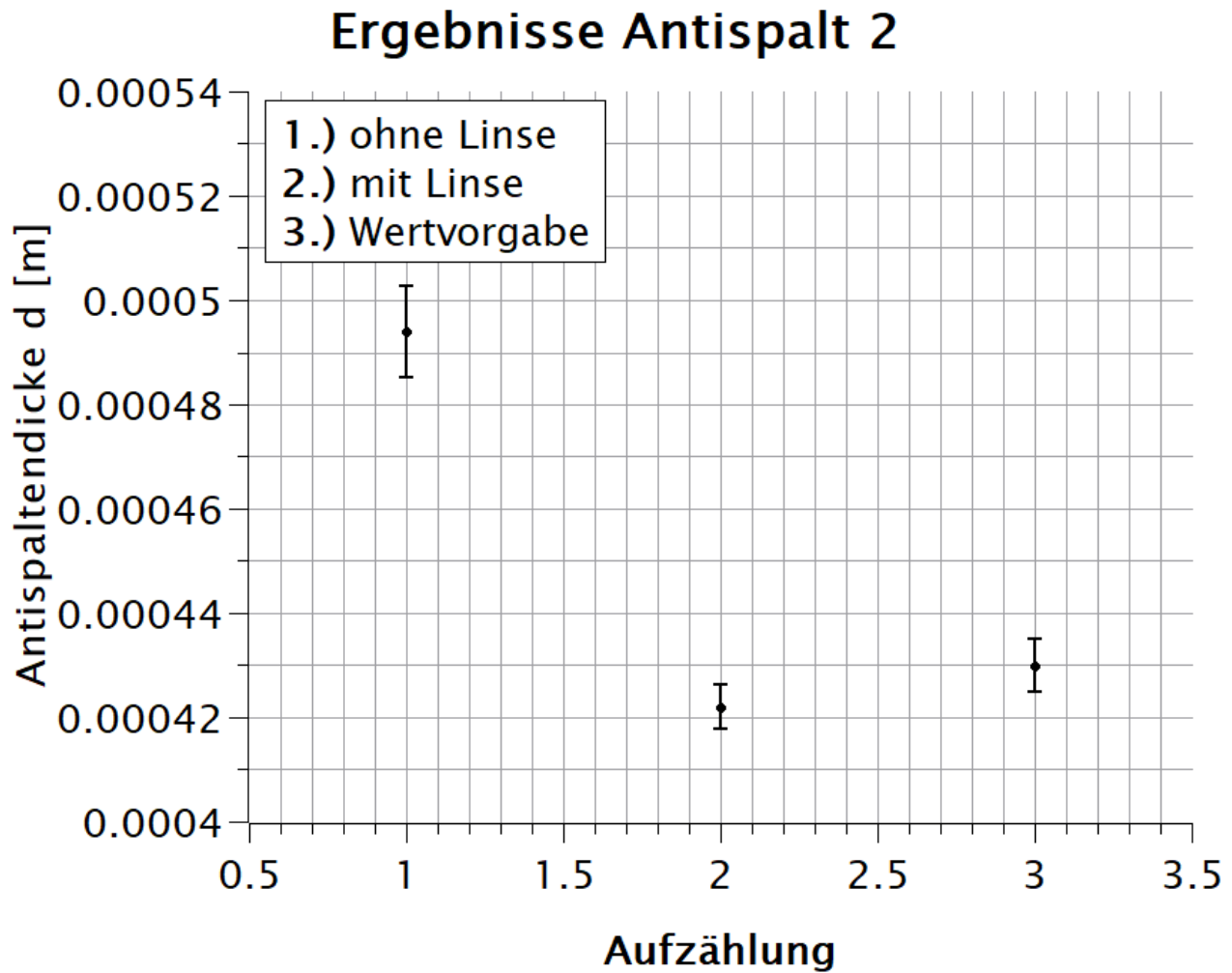


Abbildung 5.4: Die gemessenen Werte liegen ziemlich nahe an der Wertvorgabe beim 2. Antispalt. Besonders die Messreihe mit Linse liegt nur leicht ausserhalb des vorgegebenen Wertes. Auch hier, wie bei Abbildung 5.3 könnten die Messwerte genauer sein, wenn die Maximas, anstatt die Minimas gemessen worden wären.

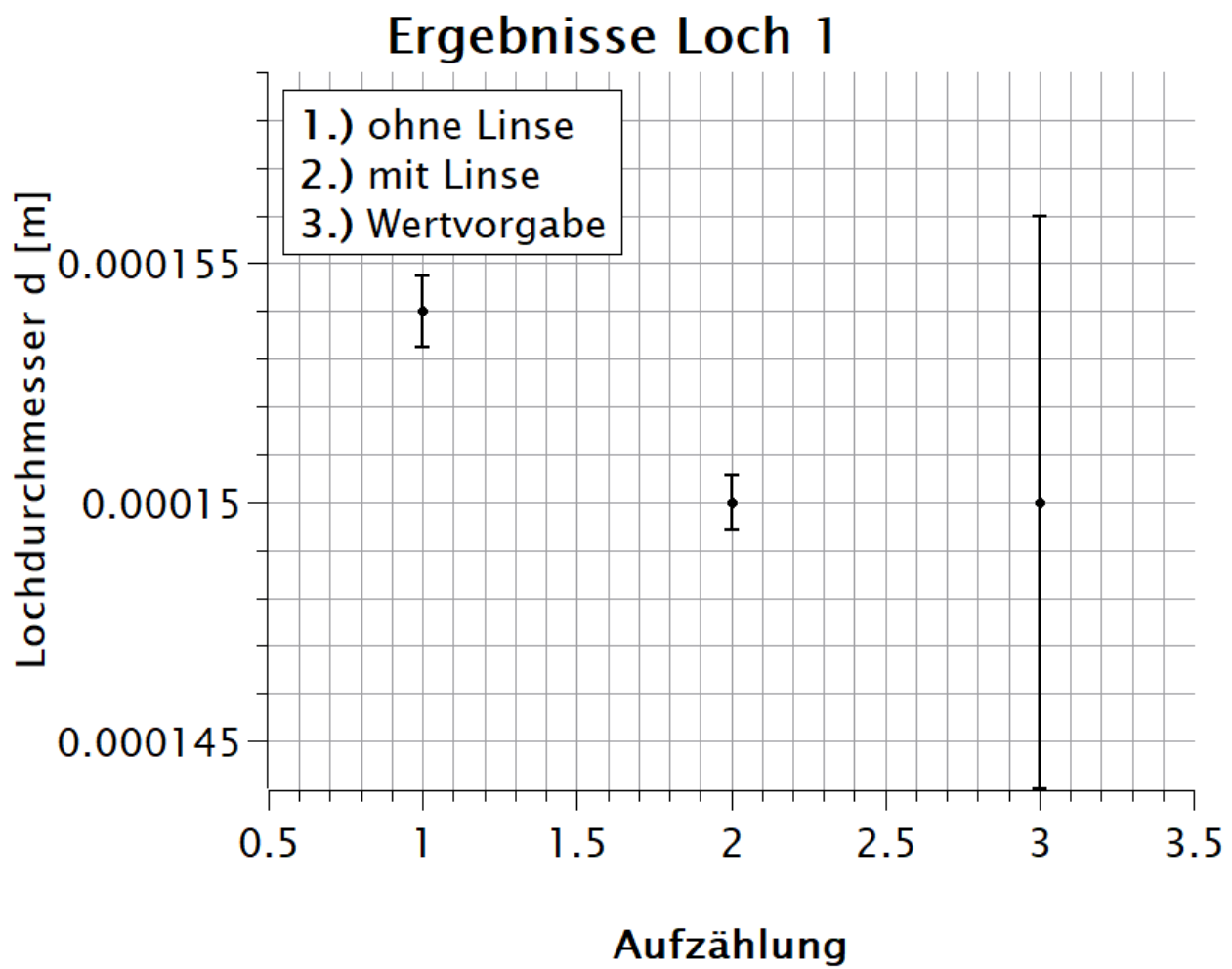


Abbildung 5.5: Diese Messreihen mit dem Objekt *Loch* liegen ziemlich genau im vorgegebenem Bereich. Der Lochdurchmesser kann somit als verifiziert betrachtet werden.

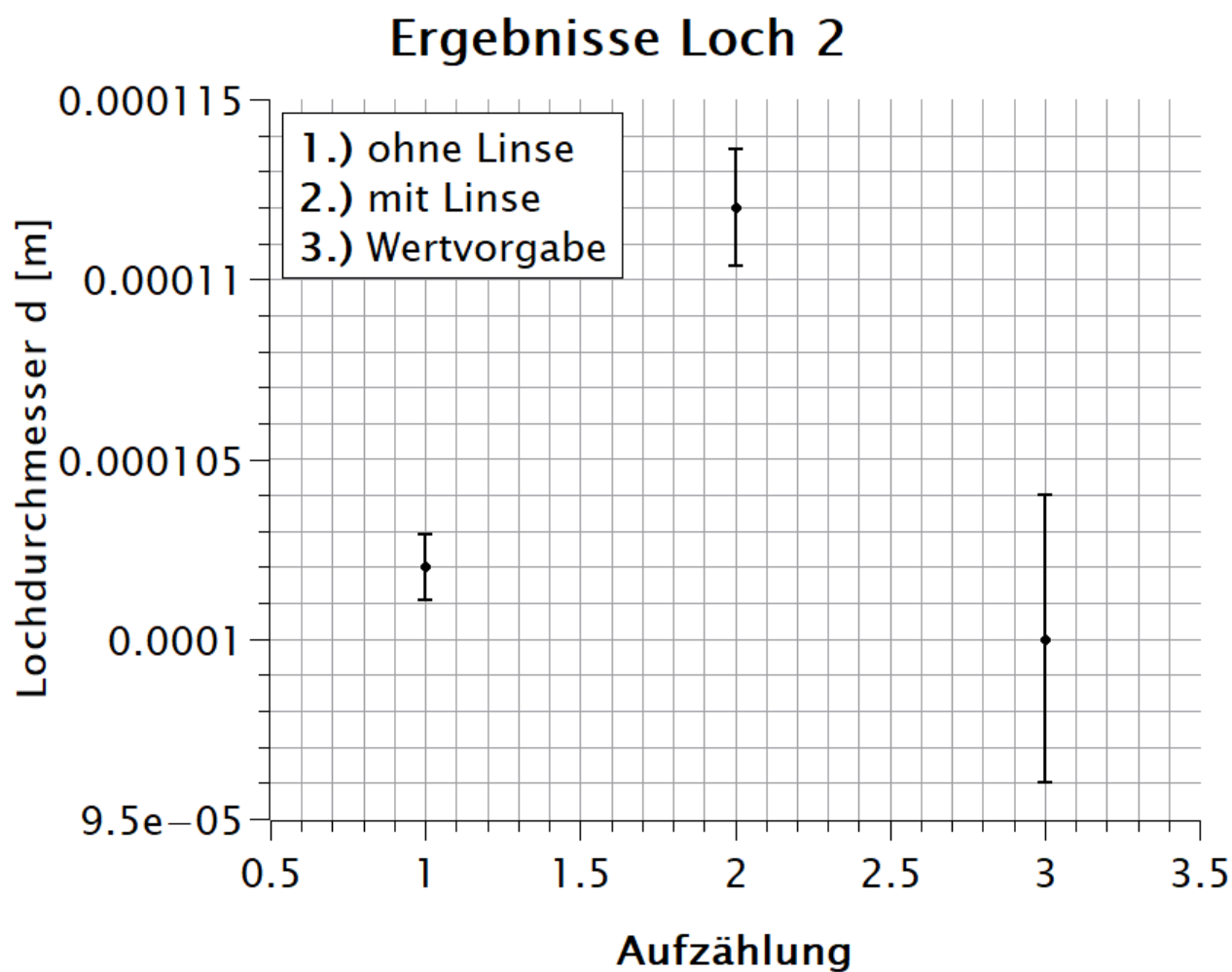


Abbildung 5.6: Hier sind die beiden Messreihen etwas zerstreuter als bei der Abbildung 5.5. Die Messreihe ohne Linse liegt hier deutlich besser im vorgegebenen Bereich als der ohne Linse. Allerdings beträgt die Abweichung nur $6\mu\text{m}$.

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 Fraunhofer'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
3.9	Loch 1: ohne Linse	14
3.10	Loch 1: mit Linse	15
3.11	Loch 2: ohne Linse	16
3.12	Loch 2: mit Linse	17
5.1	Ergebnisse Spalt 1	20
5.2	Ergebnisse Spalt 2	21
5.3	Ergebnisse Antispalt 1	22
5.4	Ergebnisse Antispalt 2	23
5.5	Ergebnisse Loch 1	24
5.6	Ergebnisse Loch 2	25
7.1	Messresultate Spalt 1	29
7.2	Messresultate Spalt 2	30
7.3	Messresultate Antispalt 1	31
7.4	Messresultate Antispalt 2	32
7.5	Messresultate Loch 1	33
7.6	Messresultate Loch 2	34
7.7	Messresultate Strichgitter 1&2	35
7.8	Strichgitter 1: ohne Linse	36
7.9	Strichgitter 1: mit Linse	37
7.10	Strichgitter 2: ohne Linse	38
7.11	Strichgitter 2: mit Linse	39

Literaturverzeichnis

- [1] Keine Angaben. Theorie beugung. Dokument, May 2011.
- [2] Physikzentrum Hochschule für Technik FHNW. 09 interferenz und beugung. Dokument, June 2014.
- [3] Leif Physik. Helium neon laser. <https://www.leifiphysik.de/atomphysik/laser/versuche/helium-neon-laser>, keine Angaben. [Online Available: 12.05.2018].

Anhang

7.1 Messresultate

Ordnung//Ohne Linse//Mit Linse	Ordnung	in [cm]	Mitte 0 [cm]	in [cm]	Mitte 0 [cm]
Spalt 1	-10	39.5	-5.75	37.5	-3.2
Spaltdurchmesser:200um	-9	39	-5.25	37.2	-2.9
Abweichung: +-4um	-8	38.3	-4.55	36.8	-2.5
Distanz Objekt-Schirm: 182	-7	37.8	-4.05	36.5	-2.2
Brennweite Linse: 100	-6	37.2	-3.45	36.2	-1.9
Minima gemessen	-5	36.6	-2.85	35.8	-1.5
	-4	36.1	-2.35	35.6	-1.3
	-3	35.5	-1.75	35.3	-1
	-2	34.9	-1.15	35	-0.7
	-1	34.3	-0.55	34.6	-0.3
berechnet	0	33.75	0	34.3	0
	1	33.2	0.55	34	0.3
	2	32.6	1.15	33.7	0.6
	3	32.1	1.65	33.3	1
	4	31.5	2.25	33	1.3
	5	31	2.75	32.7	1.6
	6	30.4	3.35	32.4	1.9
	7	29.8	3.95	32.1	2.2
	8	29.2	4.55	31.8	2.5
	9	28.6	5.15	31.4	2.9
	10	28	5.75	31.1	3.2

Abbildung 7.1: Messresultate Spalt 1

Ordnung//Ohne Linse//Mit Linse	Ordnung	in [cm]	Mitte 0 [cm]	in [cm]	Mitte 0 [cm]
Spalt 2	-10	39.2	-5.35	38.6	-4.2
Spaltdurchmesser:150um	-9	38.6	-4.75	38.1	-3.7
Abweichung: +-4um	-8	38.1	-4.25	37.7	-3.3
Distanz Objekt-Schirm: 127.5	-7	37.5	-3.65	37.3	-2.9
Brennweite Linse: 100	-6	37	-3.15	36.9	-2.5
Minima gemessen	-5	36.5	-2.65	36.5	-2.1
	-4	36	-2.15	36	-1.6
	-3	35.5	-1.65	35.6	-1.2
	-2	35	-1.15	35.2	-0.8
	-1	34.3	-0.45	34.7	-0.3
berechnet	0	33.85	0	34.4	0
	1	33.3	0.55	34	0.4
	2	32.8	1.05	33.5	0.9
	3	32.2	1.65	33.1	1.3
	4	31.8	2.05	32.7	1.7
	5	31.1	2.75	32.3	2.1
	6	30.6	3.25	31.8	2.6
	7	30.1	3.75	31.4	3
	8	29.5	4.35	31	3.4
	9	29	4.85	30.6	3.8
	10	28.5	5.35	30.2	4.2

Abbildung 7.2: Messresultate Spalt 2

Ordnung//Ohne Linse//Mit Linse	Ordnung	in [cm]	Mitte 0 [cm]	in [cm]	Mitte 0 [cm]
Antispalt 1	-10	35.7	-1.95	35.4	-1
Spaltdurchmesser: 530 μ m	-9	35.5	-1.75	35.3	-0.9
Abweichung: $\pm 5 \mu$ m	-8	35.3	-1.55	35.2	-0.8
Distanz Objekt-Schirm: 186	-7	35.1	-1.35	35.1	-0.7
Brennweite Linse: 100	-6	34.9	-1.15	35	-0.6
Minima gemessen	-5	34.7	-0.95	34.9	-0.5
	-4	34.5	-0.75	34.8	-0.4
	-3	34.2	-0.45	34.7	-0.3
	-2	34	-0.25	34.6	-0.2
	-1	33.9	-0.15	34.5	-0.1
berechnet	0	33.75	0	34.4	0
	1	33.7	0.05	34.3	0.1
	2	33.6	0.15	34.2	0.2
	3	33.4	0.35	34.1	0.3
	4	33.2	0.55	34	0.4
	5	33	0.75	33.9	0.5
	6	32.7	1.05	33.8	0.6
	7	32.5	1.25	33.7	0.7
	8	32.2	1.55	33.6	0.8
	9	32	1.75	33.5	0.9
	10	31.8	1.95	33.4	1

Abbildung 7.3: Messresultate Antispalt 1

Ordnung//Ohne Linse//Mit Linse	Ordnung	in [cm]	Mitte 0 [cm]	in [cm]	Mitte 0 [cm]
Antispalt 2	-10	35.9	-2.15	35.8	-1.5
Spaltdurchmesser:430um	-9	35.7	-1.95	35.6	-1.3
Abweichung: +-5um	-8	35.5	-1.75	35.5	-1.2
Distanz Objekt-Schirm: 160.5	-7	35.2	-1.45	35.4	-1.1
Brennweite Linse: 100	-6	35	-1.25	35.2	-0.9
Minima gemessen	-5	34.7	-0.95	35	-0.7
	-4	34.5	-0.75	34.9	-0.6
	-3	34.3	-0.55	34.7	-0.4
	-2	34.1	-0.35	34.6	-0.3
	-1	33.9	-0.15	34.5	-0.2
berechnet	0	33.75	0	34.3	0
	1	33.7	0.05	34.2	0.1
	2	33.5	0.25	34	0.3
	3	33.3	0.45	33.9	0.4
	4	33.1	0.65	33.7	0.6
	5	32.9	0.85	33.5	0.8
	6	32.6	1.15	33.3	1
	7	32.3	1.45	33.2	1.1
	8	32.1	1.65	33.1	1.2
	9	31.9	1.85	33	1.3
	10	31.6	2.15	32.8	1.5

Abbildung 7.4: Messresultate Antispalt 2

Ordnung//Ohne Linse//Mit Linse	Ordnung	in [cm]	Mitte 0 [cm]	in [cm]	Mitte 0 [cm]
Loch 1	-9.246	38.7	-5	38.2	-3.9
Lochdurchmesser: 150um	-8.245	38.1	-4.4	37.8	-3.5
Abweichung: +-6um	-7.245	37.7	-4	37.3	-3
Distanz Objekt-Schirm: 132.8	-6.244	37.2	-3.5	36.9	-2.6
Brennweite Linse: 100	-5.243	36.6	-2.9	36.5	-2.2
Minima gemessen	-4.241	36.1	-2.4	36	-1.7
	-3.238	35.5	-1.8	35.6	-1.3
	-2.233	35	-1.3	35.2	-0.9
	-1.22	34.4	-0.7	34.8	-0.5
	0	33.7	0	34.3	0
berechnet	1.22	33.1	0.6	33.8	0.5
	2.233	32.5	1.2	33.4	0.9
	3.238	32	1.7	32.9	1.4
	4.241	31.5	2.2	32.5	1.8
	5.243	30.8	2.9	32.1	2.2
	6.244	30.2	3.5	31.6	2.7
	7.245	29.7	4	31.2	3.1
	8.245	29.2	4.5	30.8	3.5
	9.246	28.7	5	30.4	3.9

Abbildung 7.5: Messresultate Loch 1

Ordnung//Ohne Linse//Mit Linse	Ordnung	in [cm]	Mitte 0 [cm]	in [cm]	Mitte 0 [cm]
Loch 2	-5.243	38.7	-4.8	37	-2.9
Lochdurchmesser: 100um	-4.241	37.7	-3.8	36.5	-2.4
Abweichung: +-4um	-3.238	36.8	-2.9	36	-1.9
Distanz Objekt-Schirm: 146.5	-2.233	35.8	-1.9	35.5	-1.4
Brennweite Linse: 100	-1.22	34.8	-0.9	34.9	-0.8
Minima gemessen	0	33.9	0	34.1	0
	1.22	32.7	1.2	33.5	0.6
	2.233	31.8	2.1	33	1.1
	3.238	30.9	3	32.2	1.9
	4.241	30	3.9	31.7	2.4
	5.243	29.1	4.8	31.2	2.9

Abbildung 7.6: Messresultate Loch 2

Ordnung//Ohne Linse//Mit Lins	Ordnung	in [cm]	Mitte 0 [cm]	in [cm]	Mitte 0 [cm]
Strichgitter 1	-3	36.3	-2.5	40.5	-5.8
Gitterkonstante: 100 lines/mm	-2	35.5	-1.7	32.9	1.8
Abweichung: keine Angaben	-1	34.6	-0.8	36.2	-1.5
Distanz Objekt-Schirm: 10	0	33.8	0	34.7	0
Brennweite Linse: 5	1	33	0.8	33.3	1.4
Maxima gemessen	2	32.1	1.7	32	2.7
	3	31.2	2.6	30.2	4.5
Ordnung//Ohne Linse//Mit Lins	Ordnung	in [cm]	Mitte 0 [cm]	in [cm]	Mitte 0 [cm]
Strichgitter 2	-3	35.8	-2	36.7	-3.3
Gitterkonstante: 80 lines/mm	-2	35	-1.2	35.5	-2.1
Abweichung: keine Angaben	-1	34.5	-0.7	34.5	-1.1
Distanz Objekt-Schirm: 10	0	33.8	0	33.4	0
Brennweite Linse: 5	1	33.1	0.7	32.2	1.2
Maxima gemessen	2	32.5	1.3	31	2.4
	3	31.7	2.1	29.5	3.9

Abbildung 7.7: Messresultate Strichgitter 1&2

7.2 Beugung am Strichgitter

Auf dem Schirm wurden in diesem Teilversuch die Maximas des Interferenzmusters gemessen und mittels QTI-Plot graphisch dargestellt. Dabei wurden die Gitterlinienabstände mittels der Gleichung 1.1 ermittelt.

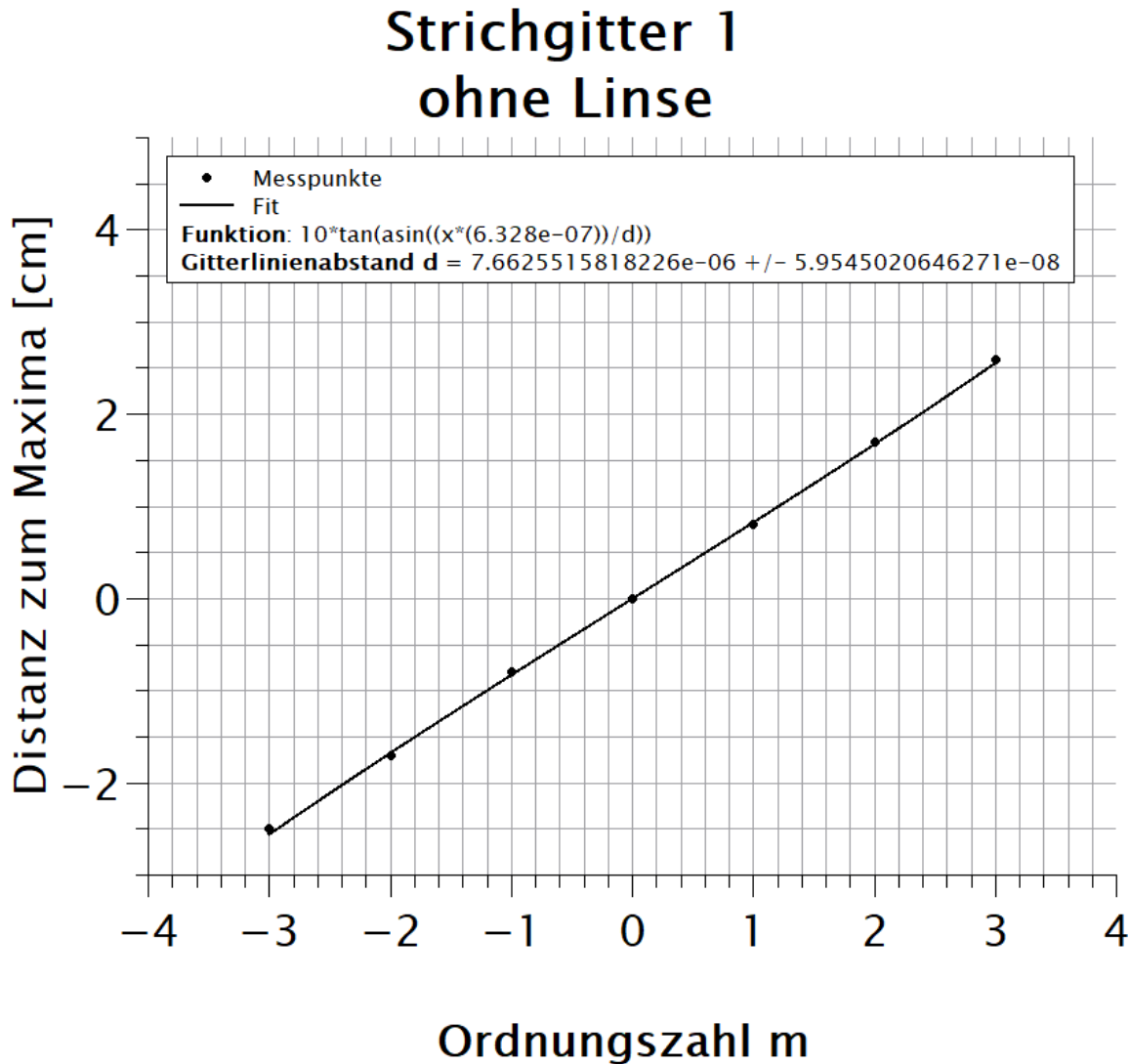


Abbildung 7.8: Die Abstände vom Nullpunkt zu den Maximas des Interferenzmusters bei direkter Betrachtung und ohne Linse sind hier graphisch dargestellt. Hier wurde direkt in die Formel 1.1 der Abstand vom Strichgitter zum Schirm von 10cm eingetragen.

Strichgitter 1 mit Linse

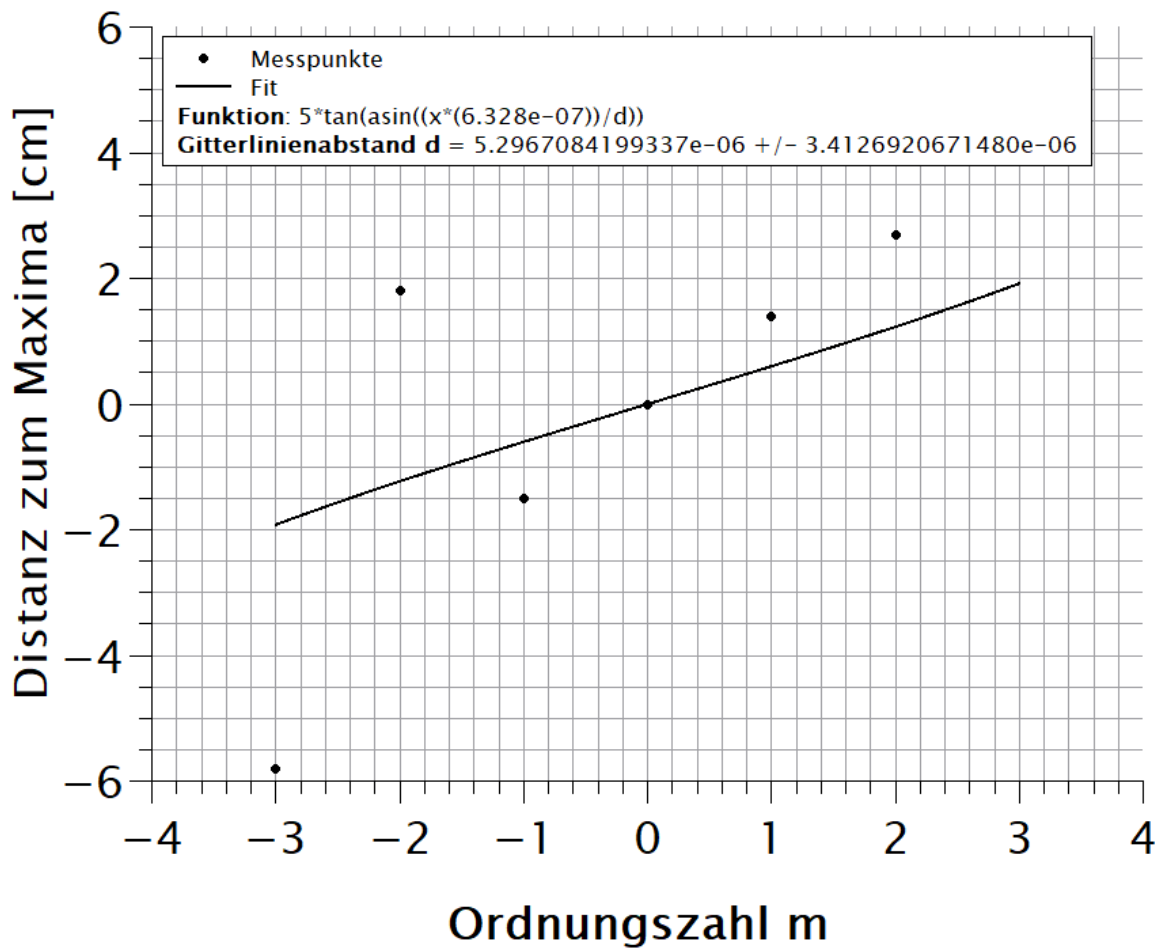


Abbildung 7.9: Die Abstände vom Nullpunkt zu den Maximas des Interferenzmusters bei Fraunhofer'scher Betrachtung und ohne Linse sind hier graphisch dargestellt. Hier wurde direkt in die Formel 1.1 der Abstand von der Linse zum Schirm von 5cm eingetragen.

Strichgitter 2 ohne Linse

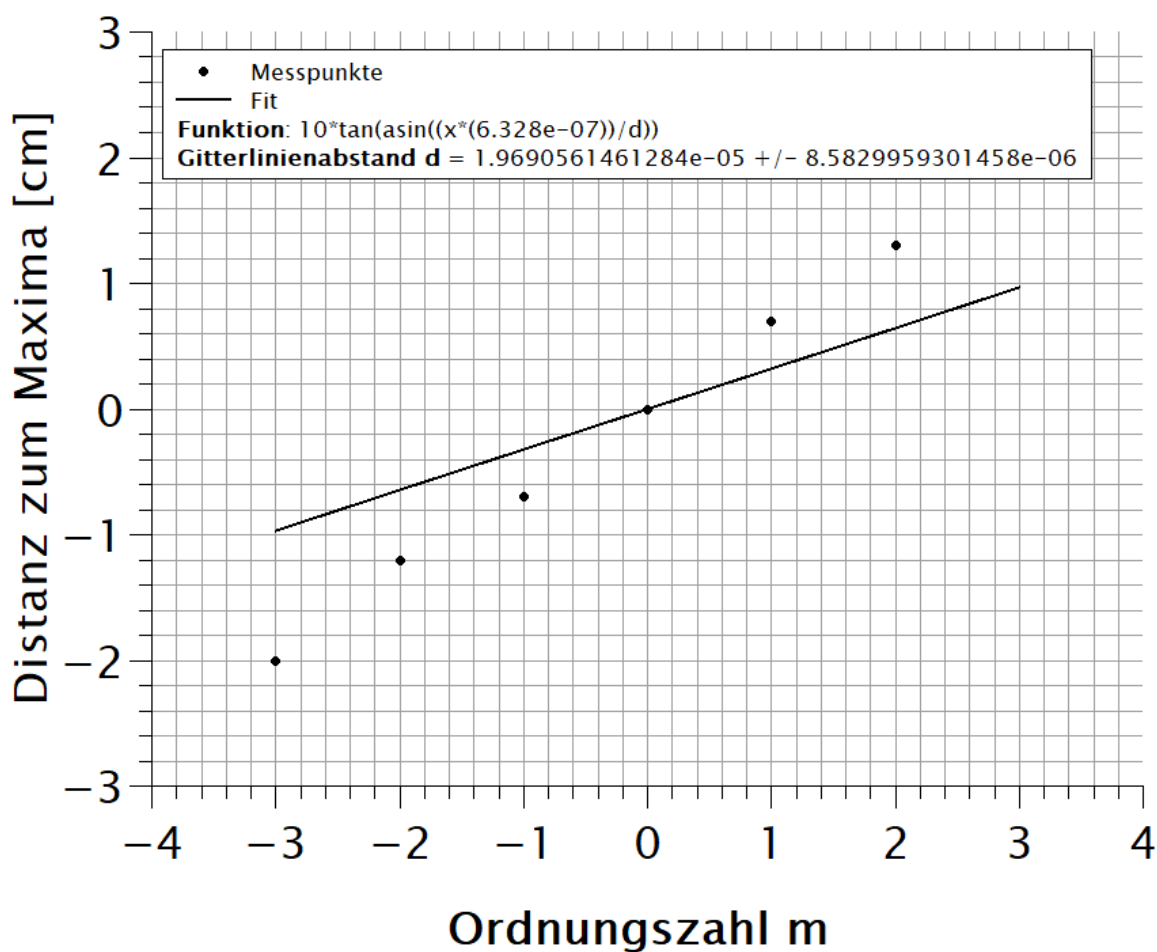


Abbildung 7.10: Die Abstände vom Nullpunkt zu den Maximas des Interferenzmusters bei direkter Betrachtung und ohne Linse sind hier graphisch dargestellt. Hier wurde direkt in die Formel 1.1 der Abstand vom Strichgitter zum Schirm von 10cm eingetragen.

Strichgitter 2 mit Linse

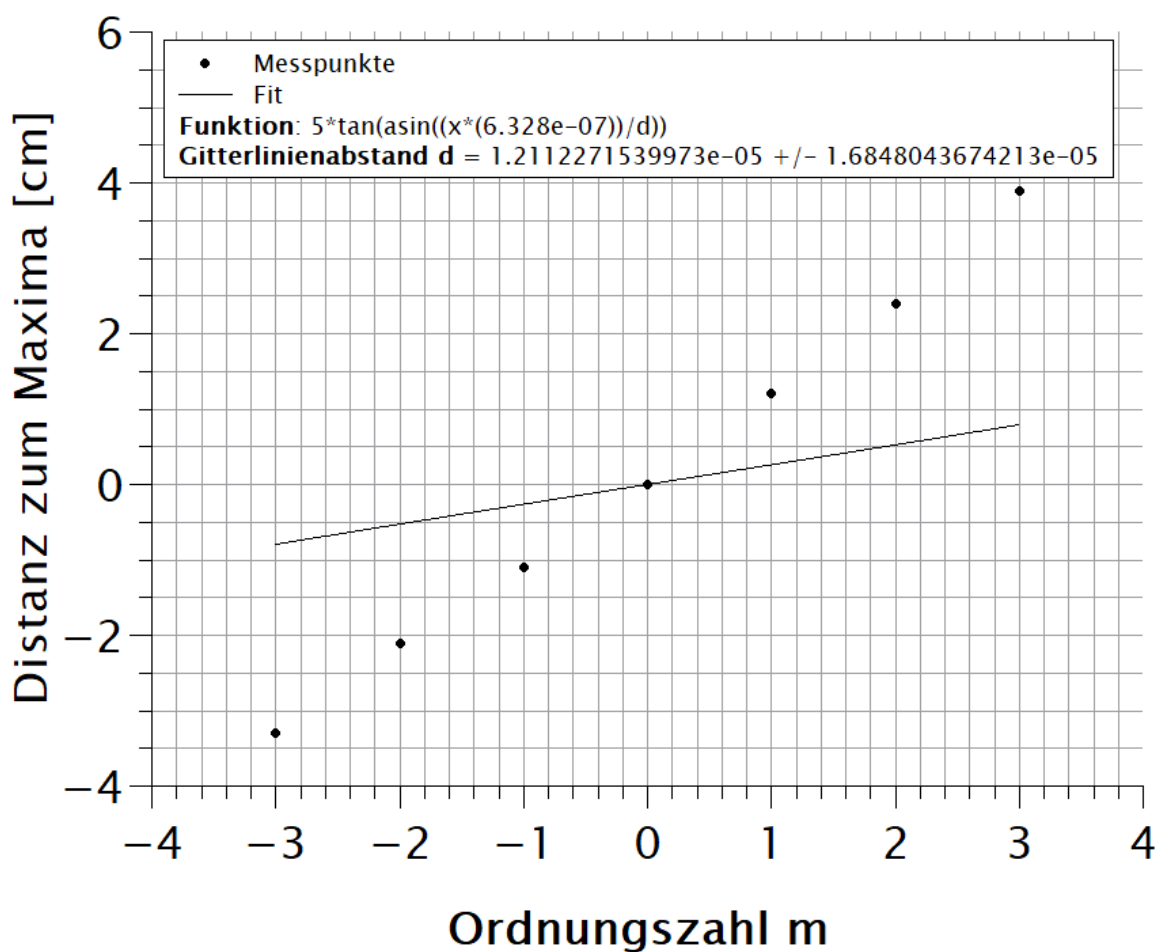


Abbildung 7.11: Die Abstände vom Nullpunkt zu den Maximas des Interferenzmusters bei Fraunhofer'scher Betrachtung und ohne Linse sind hier graphisch dargestellt. Hier wurde direkt in die Formel 1.1 der Abstand von der Linse zum Schirm von 5cm eingetragen.