

Versuch 18
**Beugung und Interferenz von
Laserlicht**

Praktikanten: Jonas Isensee

Lennart Jahn

E-Mail: jonas.isensee@stud.uni-goettingen.de

l.jahn@stud.uni-goettingen.de

Betreuer:

Datum: 26.01.2016

Testat:

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Auswertung	3
3	Diskussion	5
3.1	Aufbau	5
3.2	Werte	5
	Literatur	5

1 Einleitung

Im Gegensatz zu dem Licht, dem wir im Alltag begegnen, besteht Laserlicht aus nur einer Wellenlänge und es ist kohärent. Durch die besondere Reinheit dieses Lichts, können die Welleneigenschaften des Lichts sichtbar gemacht und zu messtechnischen Zwecken verwendet werden. Dieser Versuch untersucht die Beugung und Interferenz von Laserlicht, die von einfach Beugungsobjekten, wie z.B. Spalten und Kreisblenden hervorgerufen werden.

2 Auswertung

Zur Auswertung der Messreihen wurde zuerst der Längenmaßstab von Motorschritten zu mm umgerechnet. Laut Praktikumshandbuch [DPP] macht der Motor 400 Schritte pro mm. Es gilt also für die absolute Distanz $x = \frac{1}{400}n$ mm, mit der Anzahl n Motorschritten. Für jedes Objekt wurde dann noch die Position so verschoben, dass das Hauptmaximum bei $x = 0$ zu liegen kommt. Mit einer Python-Funktion aus der Bibliothek [SciPy] wurden in den Datensätzen Extrema bestimmt. Die Intensitätsverläufe mit markierten Extrema sind in den ungeraden Abbildungen 1,3,5,...,19 zu sehen. Der Algorithmus stößt bei dem Interferenzmustern an seine Grenzen, deswegen wurden für die weitere Auswertung per Hand die tatsächlichen Extrema ausgewählt. Für diese Positionen wurde dann der Winkel $\alpha = \arctan\left(\frac{x}{l}\right)$ zur optischen Achse bestimmt. l ist dabei der Abstand zwischen Beugungsobjekt und Schirm. Schließlich wurde noch die Hilfsgröße $\varepsilon = \frac{\pi D \alpha}{\lambda}$ ausgerechnet.

In den geraden Abbildungen 2,4,6,...,20 ist der Sinus des Winkels α über ε aufgetragen, da sich für jedes k tes Maximum und Minimum ein Wert von ε berechnen lässt. Die Formeln dazu sind ebenfalls im Praktikumshandbuch [DPP] angegeben. Mit der Python-Bibliothek matplotlib wurde jeweils ein linearer Fit mit Fehlern durch die Messpunkte gelegt. Die Fitparameter und die Korrelation r^2 sind in der Abbildung angegeben.

Über die Gleichung

$$D = \frac{\lambda}{\pi a} \quad (1)$$

$$\sigma_D = \frac{\lambda \sigma_a}{\pi a^2} \quad (2)$$

wurden nun die charakteristischen Größen D der Beugungsobjekte (Spaltabstand, Lochdurchmesser, Gitterkonstante etc.) bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Beugungsobjekt	Fitparameter a	Größe D in μm	Literaturwert in μm
Doppelkreis (1)	$(1.11 \pm 0.06) \cdot 10^{-3}$	(181 ± 10)	500
Doppelkreis (2)	$(1.33 \pm 0.05) \cdot 10^{-3}$	(151 ± 6)	500
Gitter (1)	$(6.4 \pm 0.2) \cdot 10^{-4}$	(314 ± 10)	285
Gitter (2)	$(7.9 \pm 0.2) \cdot 10^{-4}$	(255 ± 7)	285
Kreis (1)	$(3.15 \pm 0.07) \cdot 10^{-4}$	(64 ± 2)	200
Kreis (2)	$(3.39 \pm 0.05) \cdot 10^{-3}$	(59 ± 1)	200
Spalt (1)	$(9.5 \pm 0.4) \cdot 10^{-4}$	(212 ± 9)	250
Spalt (2)	$(9.9 \pm 0.4) \cdot 10^{-4}$	(203 ± 9)	250
Steg (1)	$(1.11 \pm 0.06) \cdot 10^{-3}$	(181 ± 10)	200
Steg (2)	$(1.08 \pm 0.05) \cdot 10^{-3}$	(186 ± 9)	200

Tabelle 1: Hier sind die Charakteristischen Größen aufgelistet, die sich aus den Messreihen ergeben.

Die Messung am Gitter zeigte von den sinnvollen Messungen die beste Korrelation. Die Messung an der Kreisblende wurde nicht in Betracht gezogen, da nur drei Maxima sichtbar waren. Wir setzen also für diese Messung die charakteristische Größe D als fest. Dann können durch Umstellen von Formel 1 die Wellenlänge des Lasers Ausrechnen. Der Fehler ist dann nach Fehlerfortpflanzung:

$$\sigma_\lambda = \sigma_a \pi D.$$

Für höhere Genauigkeit bilden wir zuerst den gewichteten Mittelwert von a aus beiden Messungen. Es ergibt sich: $a = (7.2 \pm 0.2) \times 10^{-4}$. Für die Wellenlänge des Lasers folgt dann:

$$\lambda = (640 \pm 17) \text{ nm}.$$

3 Diskussion

Zunächst muss bemerkt werden, dass der Aufbau, an dem wir unseren Versuch durchführen sollten, nur sehr langsam gearbeitet hat. Aus diesem Grund, bedanken wir uns bei Lukas Hupe, und Maximilian Kurjahn, dass wir an ihrem Versuchsaufbau mitmessen durften, und folglich diese Messwerte verwendet haben.

3.1 Aufbau

Der Aufbau, den wir dann verwendet haben, funktionierte einwandfrei. Ein Kritikpunkt ist, dass im Praktikumshandbuch für jeden Aufbau andere Maße für die Beugungsobjekte angegeben sind. Das ist an sich zwar noch kein Problem, jedoch waren die Objekte nicht beschriftet und es ließ sich nicht überprüfen, welche Objekte wir tatsächlich vermessen haben. Für die Auswertung wurden die Angaben von Aufbau 3 verwendet.

3.2 Werte

Die Werte, die für die Objektgrößen bestimmt wurden, sind alle in Tabelle 1 dargestellt. Es fällt auf, dass die Werte teils stark von den Literaturwerten abweichen. Insbesondere liegt der Literaturwert für die Lochblende nur in einem 140σ Intervall der bestimmten Größe. Das überrascht, da die Korrelationen $r^2 > 0.95$ der Fits durchweg gut waren. Eine mögliche Fehlerquelle ist, dass die Objekte verunreinigt waren. Das kann die Objektgröße beeinflussen. Dieser Vermutung wird bekräftigt, durch die Beobachtung, dass in beiden Messreihen pro Objekt jeweils eine ähnliche Größe bestimmt wurde. Ein weiteres Problem ist, dass die Minima schwierig zu messen waren, und es nicht immer eindeutig waren, welcher Wert von ε ihnen zuzuordnen war. Die Messreihen des Gitters wurden aufgrund ihrer guten Korrelation und zahlreichen Messpunkte für die Bestimmung der Wellenlänge verwendet.

Die Wellenlänge des Lasers wird im Praktikumshandbuch [DPP] auf Seite 57 als 632.8 nm angegeben. Das liegt im 1σ -Bereich unseres Wertes von (640 ± 17) nm. Dieses Ergebnis ist überraschend genau, denn die Ergebnisse für D auf denen dieser Wert basiert, liegen deutlich höher bzw. tiefer als der angegebene Wert und deren Fehlerintervalle sind sehr klein.

Literatur

- [SciPy] Eric Jones, Travis Oliphant, Pearu Peterson, et al. *SciPy: Open Source Scientific Tools for Python*, 2001-heute, <http://www.scipy.org/> (letzter Zugriff 01.02.2017)
- [DPP] J. Große-Knetter, P. Schaaf, *Das Physikalische Praktikum*, Band 2, Universitätsverlag Göttingen 2016

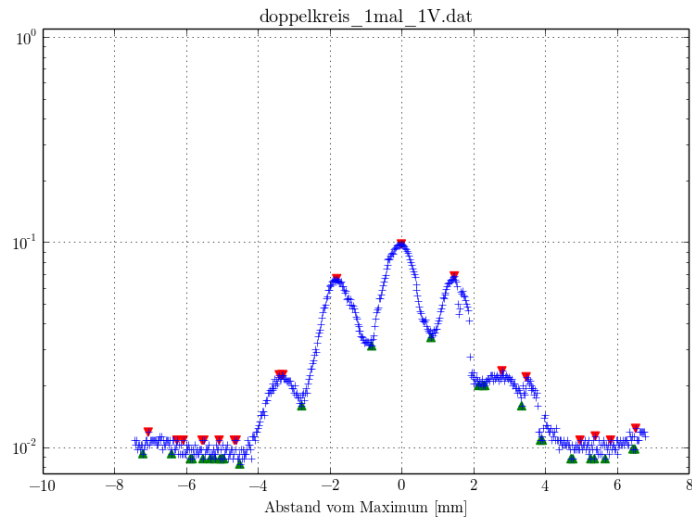


Abbildung 1: Die Abbildung zeigt den Intensitätsverlauf des Interferenzmusters des Doppelkreises. Die y-Achse der Darstellung ist logarithmisch, damit die Maxima höherer Ordnung sichtbar sind. Die Markierungen sind Extrema, die per Computer gefunden wurden. Für die Bestimmung der charakteristischen Größe wurden per Hand die tatsächlichen Extrema ausgewählt.

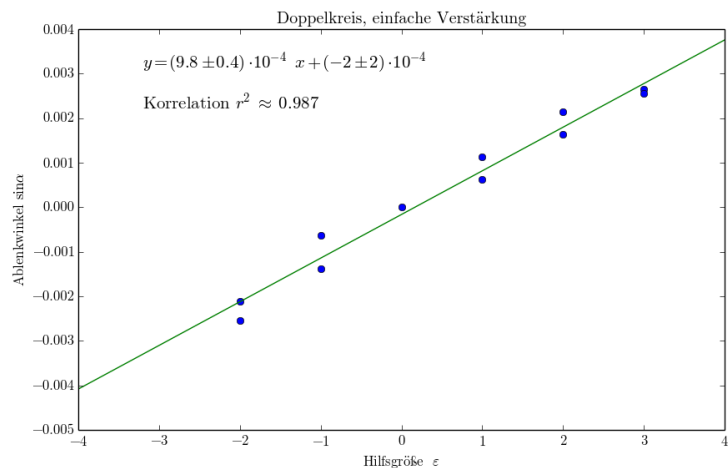


Abbildung 2: In der Abbildung ist der Sinus des Winkels α über der Hilfsgröße ε aufgetragen. Der lineare Fit wurde mit der Python-Bibliothek matplotlib erstellt. Fitparameter und Korrelation r^2 sind angegeben.

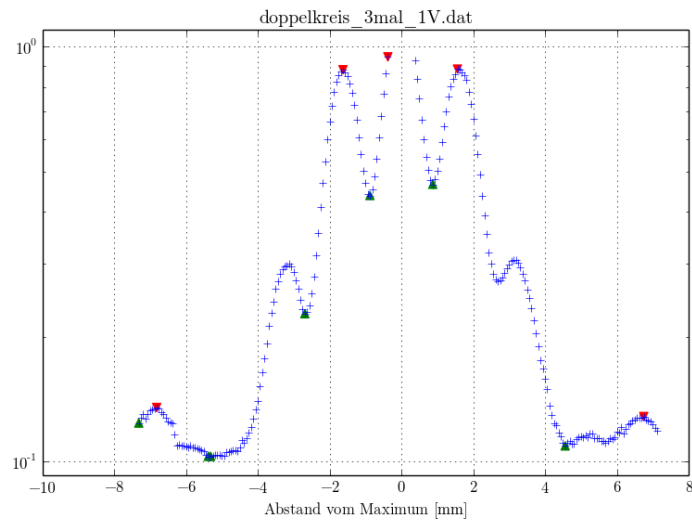


Abbildung 3: Die Abbildung zeigt den Intensitätsverlauf des Interferenzmusters des Doppelkreises. Die y-Achse der Darstellung ist logarithmisch, damit die Maxima höherer Ordnung sichtbar sind. Die Verstärkung ist so groß, dass das Hauptmaximum abgeschnitten ist. Dafür sind die Maxima höherer Ordnung besser aufgelöst. Die Markierungen sind Extrema, die per Computer gefunden wurden. Für die Bestimmung der charakteristischen Größe wurden per Hand die tatsächlichen Extrema ausgewählt.

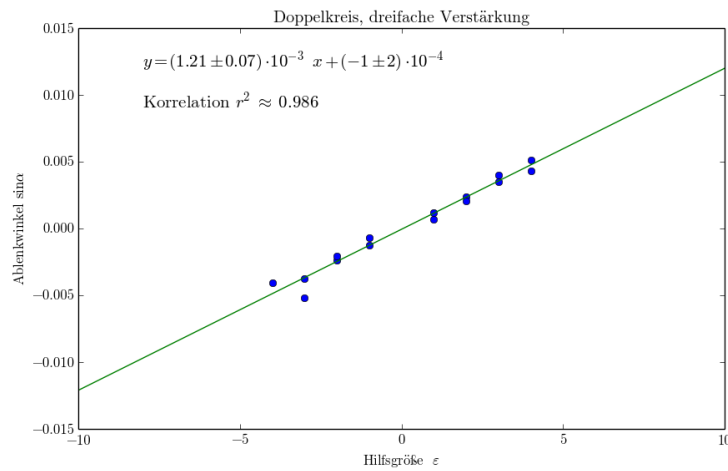


Abbildung 4: In der Abbildung ist der Sinus des Winkels α über der Hilfsgröße ε aufgetragen. Der lineare Fit wurde mit der Python-Bibliothek matplotlib erstellt. Fitparameter und Korrelation r^2 sind angegeben.

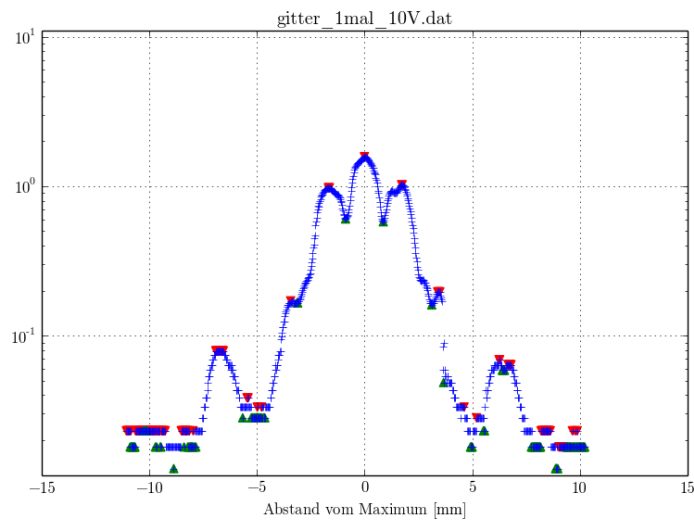


Abbildung 5: Die Abbildung zeigt den Intensitätsverlauf des Interferenzmusters des Gitters. Die y-Achse der Darstellung ist logarithmisch, damit die Maxima höherer Ordnung sichtbar sind. Die Markierungen sind Extrema, die per Computer gefunden wurden. Für die Bestimmung der charakteristischen Größe wurden per Hand die tatsächlichen Extrema ausgewählt.

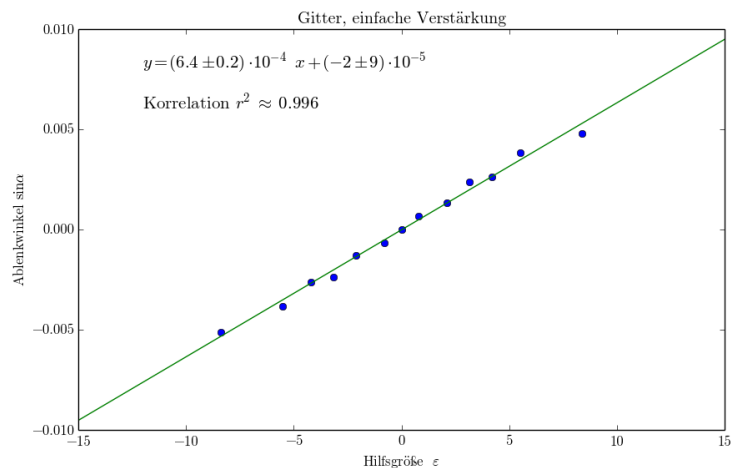


Abbildung 6: In der Abbildung ist der Sinus des Winkels α über der Hilfsgröße ε aufgetragen. Der lineare Fit wurde mit der Python-Bibliothek matplotlib erstellt. Fitparameter und Korrelation r^2 sind angegeben.

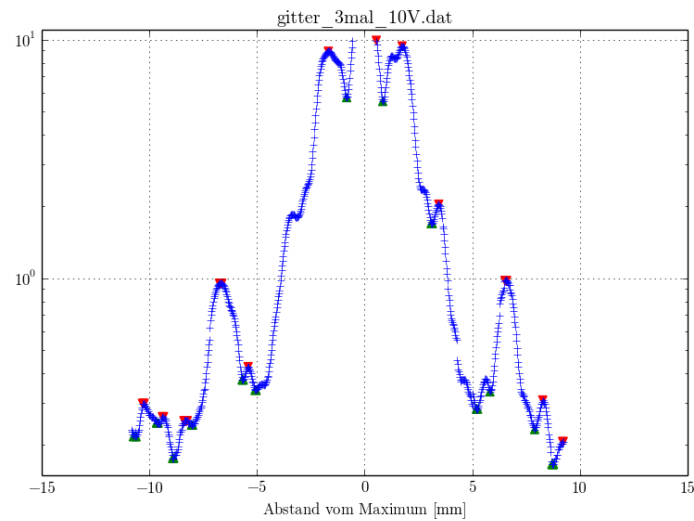


Abbildung 7: Die Abbildung zeigt den Intensitätsverlauf des Interferenzmusters des Gitters. Die y-Achse der Darstellung ist logarithmisch, damit die Maxima höherer Ordnung sichtbar sind. Die Verstärkung ist so groß, dass das Hauptmaximum abgeschnitten ist. Dafür sind die Maxima höherer Ordnung besser aufgelöst. Die Markierungen sind Extrema, die per Computer gefunden wurden. Für die Bestimmung der charakteristischen Größe wurden per Hand die tatsächlichen Extrema ausgewählt.

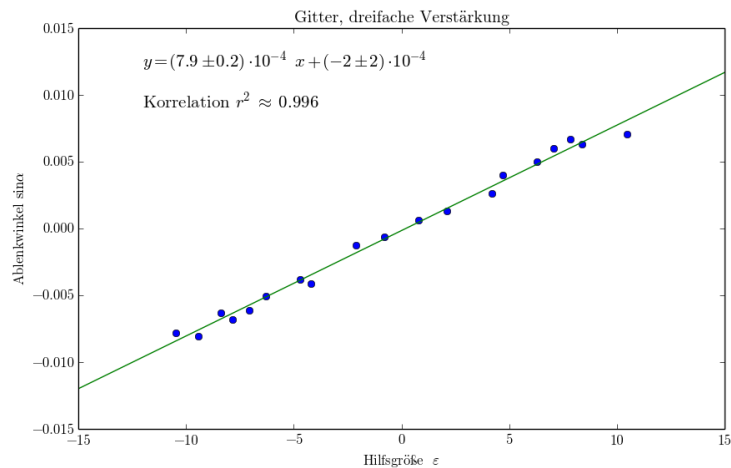


Abbildung 8: In der Abbildung ist der Sinus des Winkels α über der Hilfsgröße ε aufgetragen. Der lineare Fit wurde mit der Python-Bibliothek matplotlib erstellt. Fitparameter und Korrelation r^2 sind angegeben.

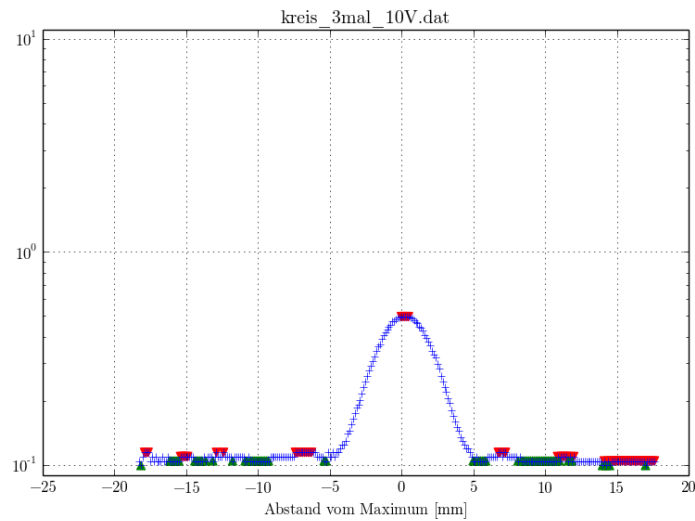


Abbildung 9: Die Abbildung zeigt den Intensitätsverlauf des Interferenzmusters des Kreises. Die y-Achse der Darstellung ist logarithmisch, damit die Maxima höherer Ordnung sichtbar sind. Diese sind aber trotzdem sehr schwach und in Abb. 11 besser zu erkennen. Die Markierungen sind Extrema, die per Computer gefunden wurden. Für die Bestimmung der charakteristischen Größe wurden per Hand die tatsächlichen Extrema ausgewählt.

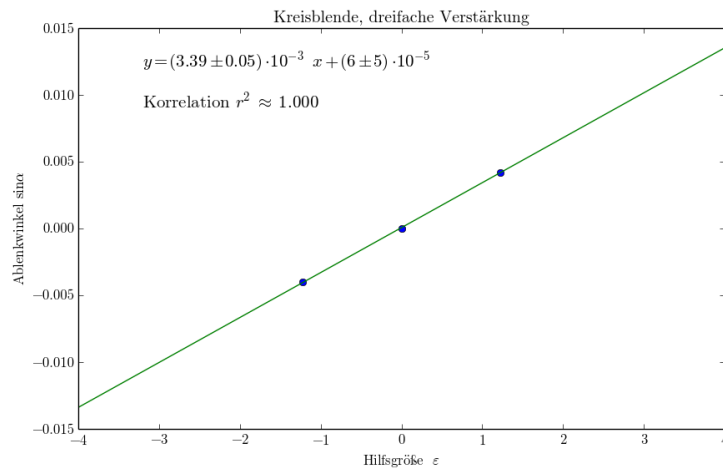


Abbildung 10: In der Abbildung ist der Sinus des Winkels α über der Hilfsgröße ε aufgetragen. Der lineare Fit wurde mit der Python-Bibliothek matplotlib erstellt. Fitparameter und Korrelation r^2 sind angegeben.

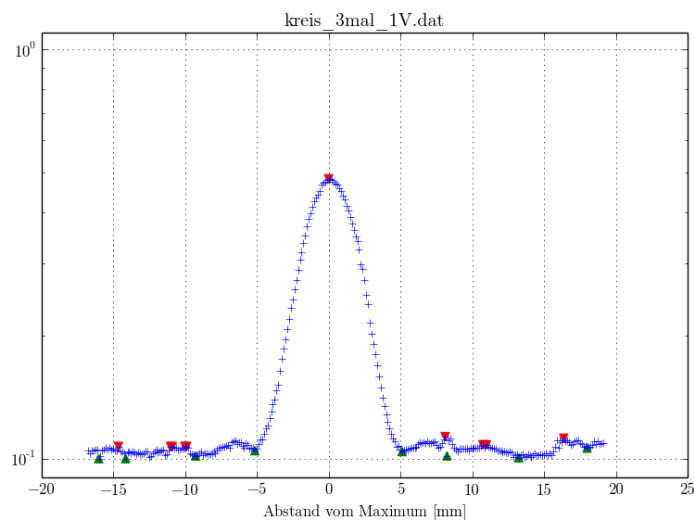


Abbildung 11: Die Abbildung zeigt den Intensitätsverlauf des Interferenzmusters des Kreises. Die y-Achse der Darstellung ist logarithmisch, damit die Maxima höherer Ordnung sichtbar sind. Auch hier sind diese nur schlecht zu erkennen. Die Markierungen sind Extrema, die per Computer gefunden wurden. Für die Bestimmung der charakteristischen Größe wurden per Hand die tatsächlichen Extrema ausgewählt.

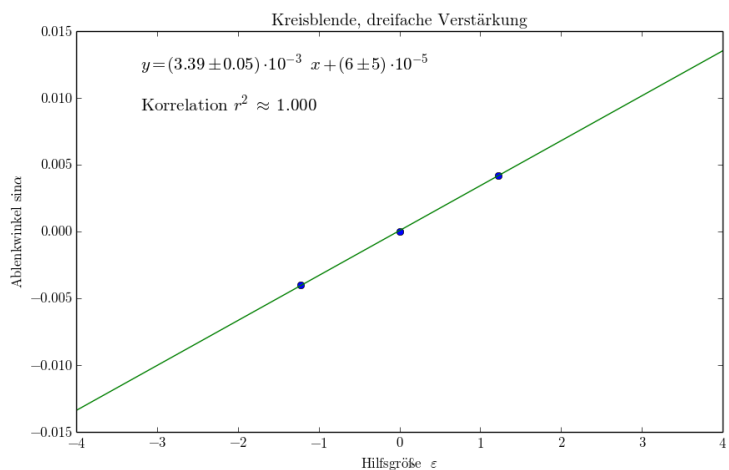


Abbildung 12: In der Abbildung ist der Sinus des Winkels α über der Hilfsgröße ε aufgetragen. Der lineare Fit wurde mit der Python-Bibliothek matplotlib erstellt. Fitparameter und Korrelation r^2 sind angegeben.

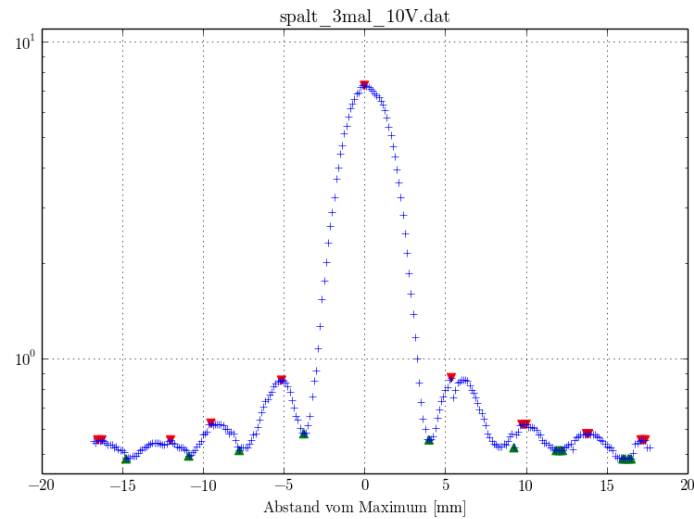


Abbildung 13: Die Abbildung zeigt den Intensitätsverlauf des Interferenzmusters des Spaltes. Die y-Achse der Darstellung ist logarithmisch, damit die Maxima höherer Ordnung sichtbar sind. Die Markierungen sind Extrema, die per Computer gefunden wurden. Für die Bestimmung der charakteristischen Größe wurden per Hand die tatsächlichen Extrema ausgewählt.

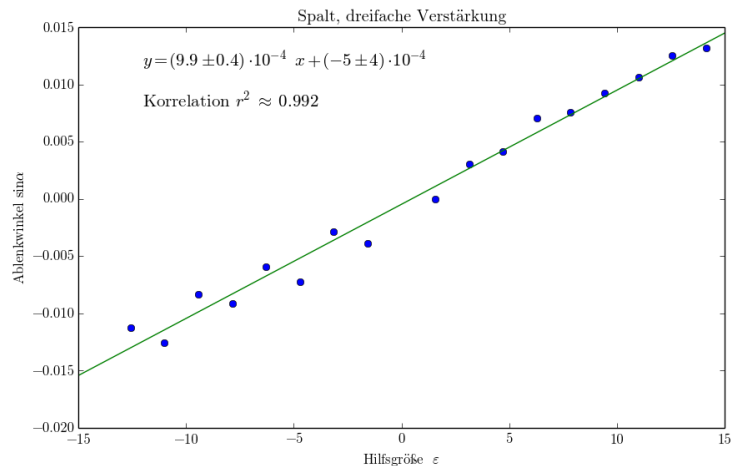


Abbildung 14: In der Abbildung ist der Sinus des Winkels α über der Hilfsgröße ε aufgetragen. Der lineare Fit wurde mit der Python-Bibliothek matplotlib erstellt. Fitparameter und Korrelation r^2 sind angegeben.

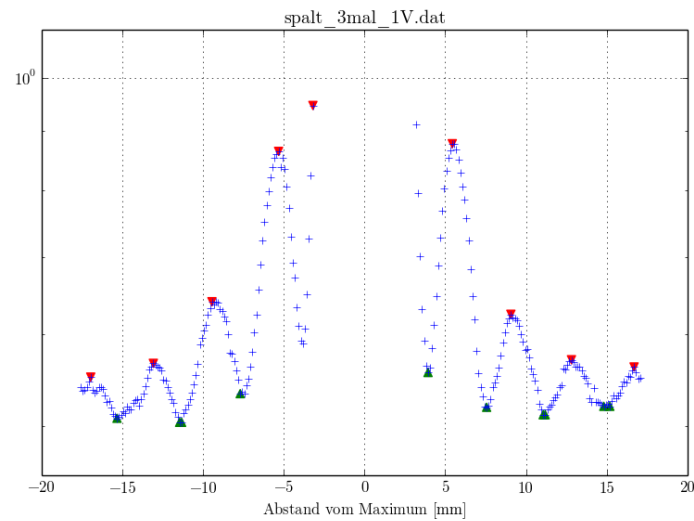


Abbildung 15: Die Abbildung zeigt den Intensitätsverlauf des Interferenzmusters des Spaltes. Die y-Achse der Darstellung ist logarithmisch, damit die Maxima höherer Ordnung sichtbar sind. Die Verstärkung ist so groß, dass das Hauptmaximum abgeschnitten ist. Dafür sind die Maxima höherer Ordnung besser aufgelöst. Die Markierungen sind Extrema, die per Computer gefunden wurden. Für die Bestimmung der charakteristischen Größe wurden per Hand die tatsächlichen Extrema ausgewählt.

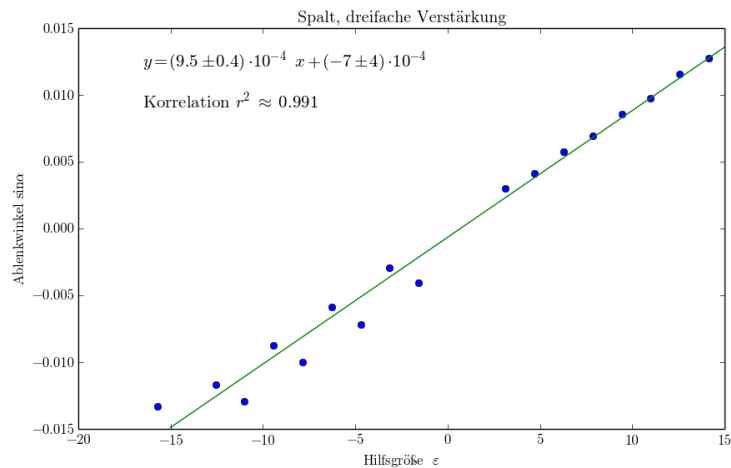


Abbildung 16: In der Abbildung ist der Sinus des Winkels α über der Hilfsgröße ε aufgetragen. Der lineare Fit wurde mit der Python-Bibliothek matplotlib erstellt. Fitparameter und Korrelation r^2 sind angegeben.

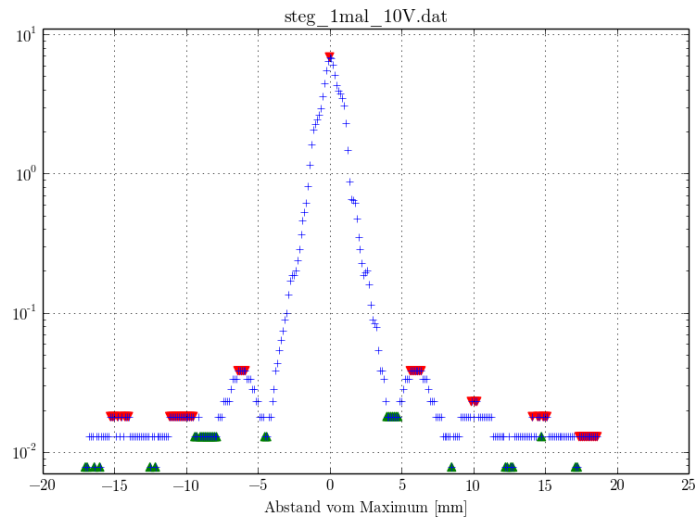


Abbildung 17: Die Abbildung zeigt den Intensitätsverlauf des Interferenzmusters des Steges. Die y-Achse der Darstellung ist logarithmisch, damit die Maxima höherer Ordnung sichtbar sind. Die Markierungen sind Extrema, die per Computer gefunden wurden. Für die Bestimmung der charakteristischen Größe wurden per Hand die tatsächlichen Extrema ausgewählt.

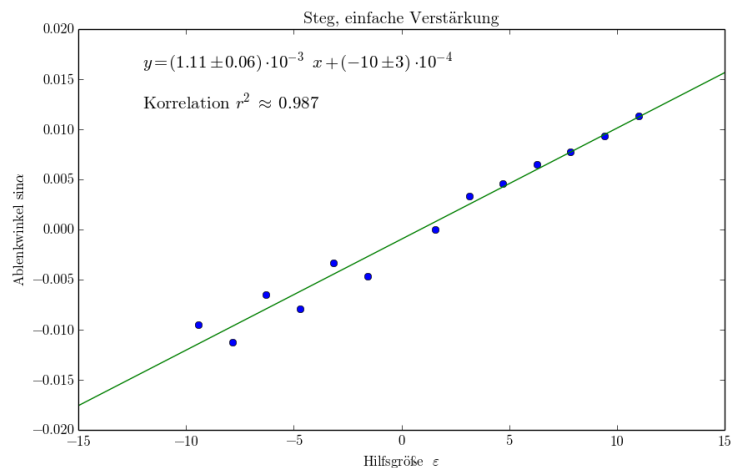


Abbildung 18: In der Abbildung ist der Sinus des Winkels α über der Hilfsgröße ε aufgetragen. Der lineare Fit wurde mit der Python-Bibliothek matplotlib erstellt. Fitparameter und Korrelation r^2 sind angegeben.

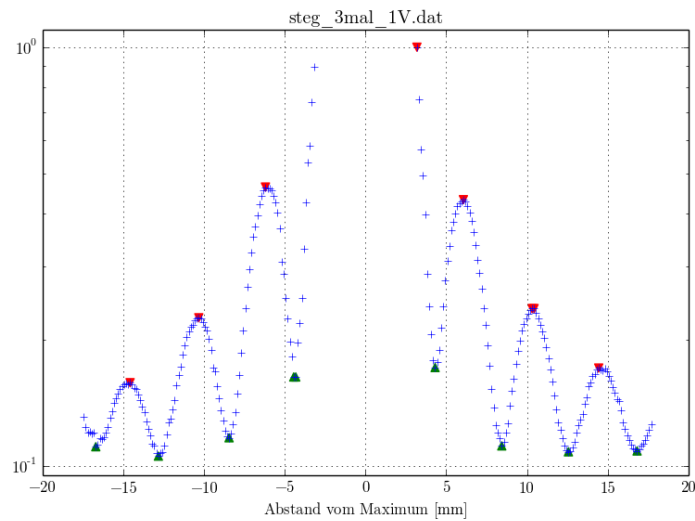


Abbildung 19: Die Abbildung zeigt den Intensitätsverlauf des Interferenzmusters des Steges. Die y-Achse der Darstellung ist logarithmisch, damit die Maxima höherer Ordnung sichtbar sind. Die Verstärkung ist so groß, dass das Hauptmaximum abgeschnitten ist. Dafür sind die Maxima höherer Ordnung besser aufgelöst. Die Markierungen sind Extrema, die per Computer gefunden wurden. Für die Bestimmung der charakteristischen Größe wurden per Hand die tatsächlichen Extrema ausgewählt.

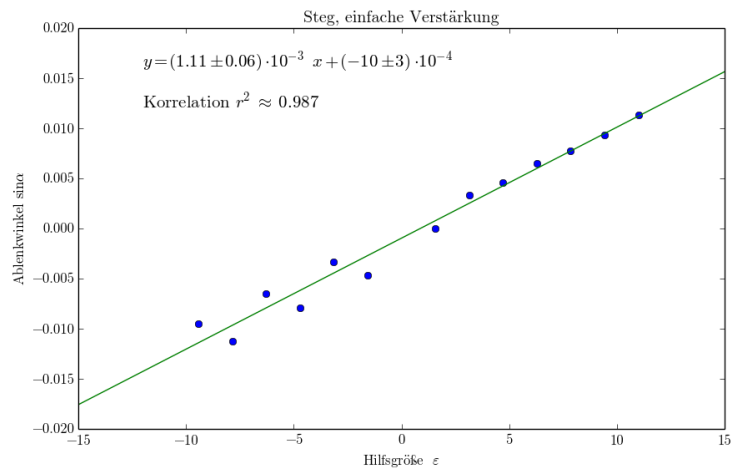


Abbildung 20: In der Abbildung ist der Sinus des Winkels α über der Hilfsgröße ε aufgetragen. Der lineare Fit wurde mit der Python-Bibliothek matplotlib erstellt. Fitparameter und Korrelation r^2 sind angegeben.