

**Mathematisch-Naturwissenschaftliche
Fakultät I**

Institut für Physik

Physikalisches Grundpraktikum I



Versuchsprotokoll

Versuch **O6**: Newtonsche Ringe
Arbeitsplatz Nr. 4

0. Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

2. Messwerte und Fehlerberechnung

2.1. Bestimmung des Krümmungsradius

2.2. Bestimmung der Wellenlänge der blauen Spektrallinie von Quecksilber

2.3. Bestimmung der Wellenlänge der Na-D-Linie einer Natriumdampfampe

3. Diskussion

4. Quellen

5. Anhang

1. Einleitung

Ziel dieses Versuches soll es sein, die Wellennatur von Licht, anhand des Interferenzverhaltens zu untersuchen.

Hierfür soll zunächst bei Messung der Position von Interferenzminimas und unter Kenntnis der benutzten Wellenlänge, der Krümmungsradius der verwendeten Linse bestimmt werden.

Anschließend kann nun mit bekanntem Krümmungsradius die Wellenlänge anderer Lichtquellen berechnet werden.

Detaillierte Durchführung, Skizzen, Hinweise und Herleitungen sind dem Skript "Physikalisches Grundpraktikum – Elektrodynamik und Optik 2005" zum Versuch O6 auf den Seiten 58 – 60 entnehmbar.

2. Messwerte und Fehlerberechnung

2.1. Bestimmung des Krümmungsradius

Zum Messen der Position der Interferenzminima wurde die Linsenordnung von unten angeleuchtet und von oben mit einem Mikroskop mit Fadenkreuz betrachtet.

Da sich das Mikroskop über eine Messschraube verschieben ließ, konnte die Position des Fadenkreuzes x bis auf einen Fehler von $u_x = 0.005 \text{ mm}$ genau bestimmt werden.

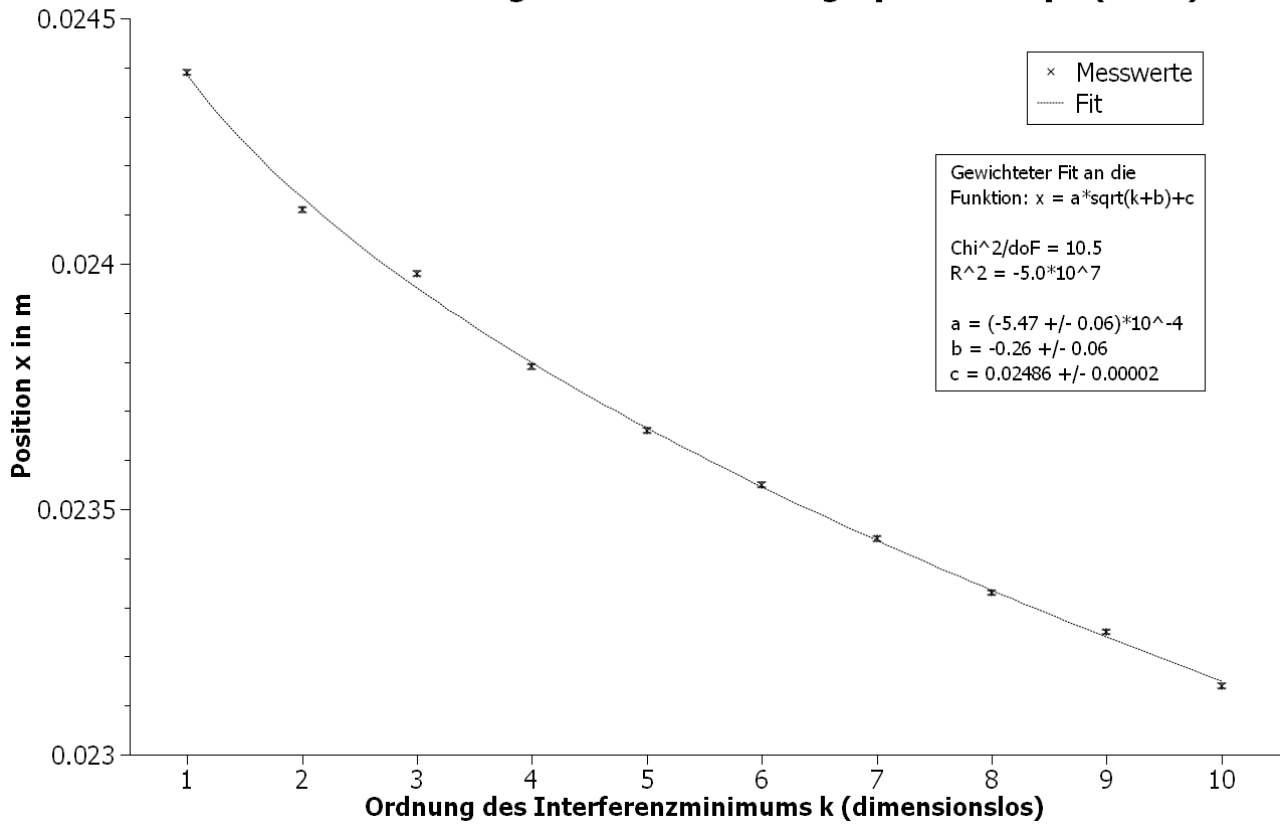
Nach dem das Fadenkreuz etwa auf den Mittelpunkt der Interferenzringe eingestellt wurde, wurden nun die Positionen der Minimas für grünes Licht einer

Quecksilberdampfampe $\lambda = 546.074 \text{ nm}$ gemessen.

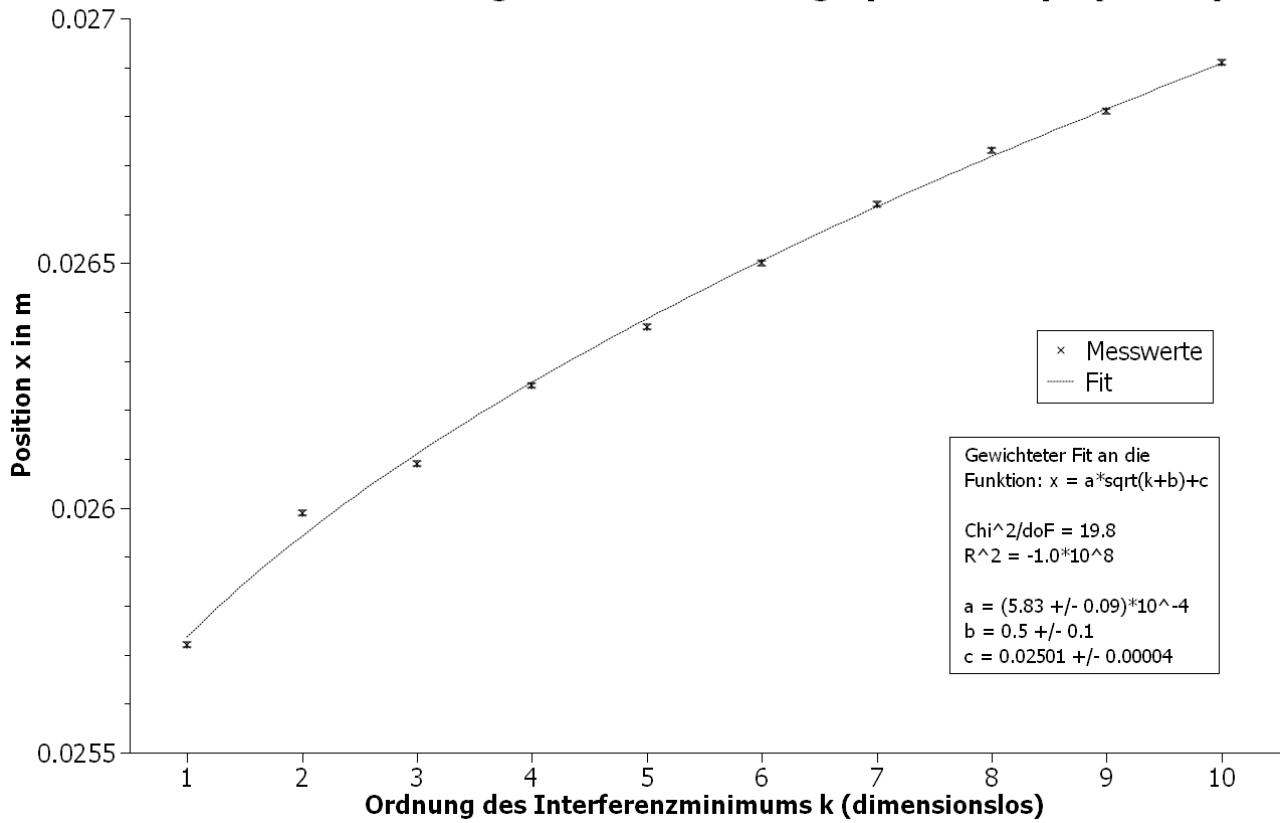
Dabei wurden unterschieden zwischen Minimas rechts und links des 0. Maximums in der Mitte.

Es ergaben sich folgende Darstellungen der Messwerte:

Interferenzbild für grünes Licht einer Hg-Spektrallampe (Links)



Interferenzbild für grünes Licht einer Hg-Spektrallampe (Rechts)



Aus dem Skript lässt sich für die Position folgende Formel entnehmen:

$$r_k^2 = R \lambda k$$

Wobei, R der Krümmungsradius der Linse, Lambda die benutzte Wellenlänge, r_k der Radius und k die Ordnung des Minimums sind.

Diese Formel lässt sich nun für unsere Messung modifizieren zu:

$$(x - x_0)^2 = R \lambda k + n$$

Wobei zusätzlich x_0 die Position des Mittelpunktes, x die Position des Minimums und n ein Offset ist.

Stellt man diese Formel nach x um, so erhält man:

$$x(k) = x_0 \pm \sqrt{R \lambda k + n}$$

Da ein Fit, mittels Qtiplot, nach der Formel

$$x(k) = \sqrt{a \cdot k + b} + c$$

nicht immer funktionierte, wurden die Fits an die analoge Funktion

$$x(k) = a \cdot \sqrt{k + b} + c$$

durchgeführt.

Somit entsprechen die Parameter a, b, c den folgenden Termen:

$$a = \sqrt{R \lambda}$$

$$b = \frac{n}{R \lambda}$$

$$c = x_0$$

Aus dem Parameter a lässt sich somit bei bekannter Wellenlänge der Krümmungsradius nach folgender Formel berechnen:

$$R = \frac{a^2}{\lambda}$$

Für die linke und rechte Seite ergibt sich somit der Krümmungsradius zu:

$$\bar{R}_l = 0.548 \text{ m}$$

$$\bar{R}_r = 0.622 \text{ m}$$

Die Fehler der Radien berechnen sich nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz zu:

$$u_R = \frac{\partial R}{\partial a} \cdot u_a = \frac{2a \cdot u_a}{\lambda}$$

$$u_{R_l} = 0.01 \text{ m}$$

$$u_{R_r} = 0.02 \text{ m}$$

Somit ergeben sich die finalen Werte der Krümmungsradien für die rechte und linke Seite zu:

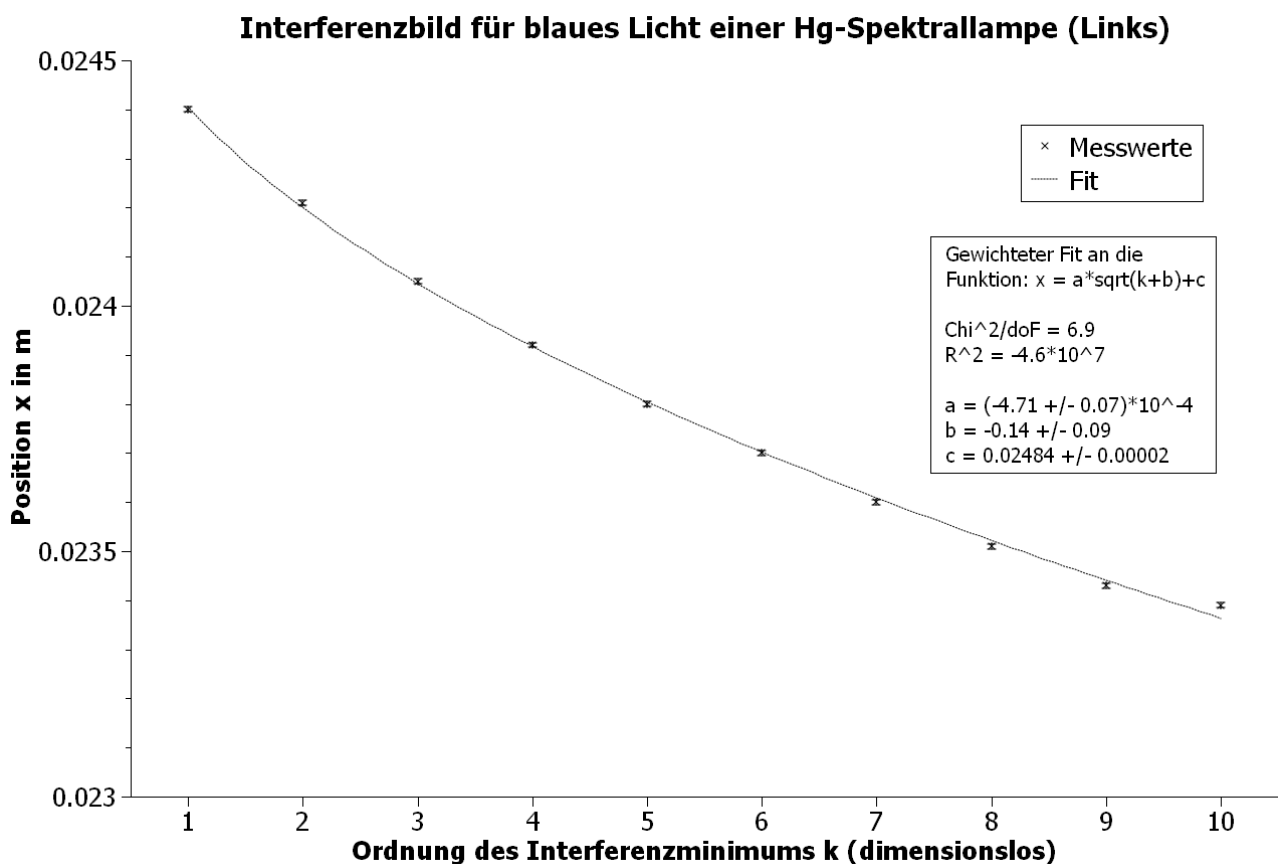
$$R_l = (0.55 \pm 0.01) \text{ m}$$

$$R_r = (0.62 \pm 0.02) \text{ m}$$

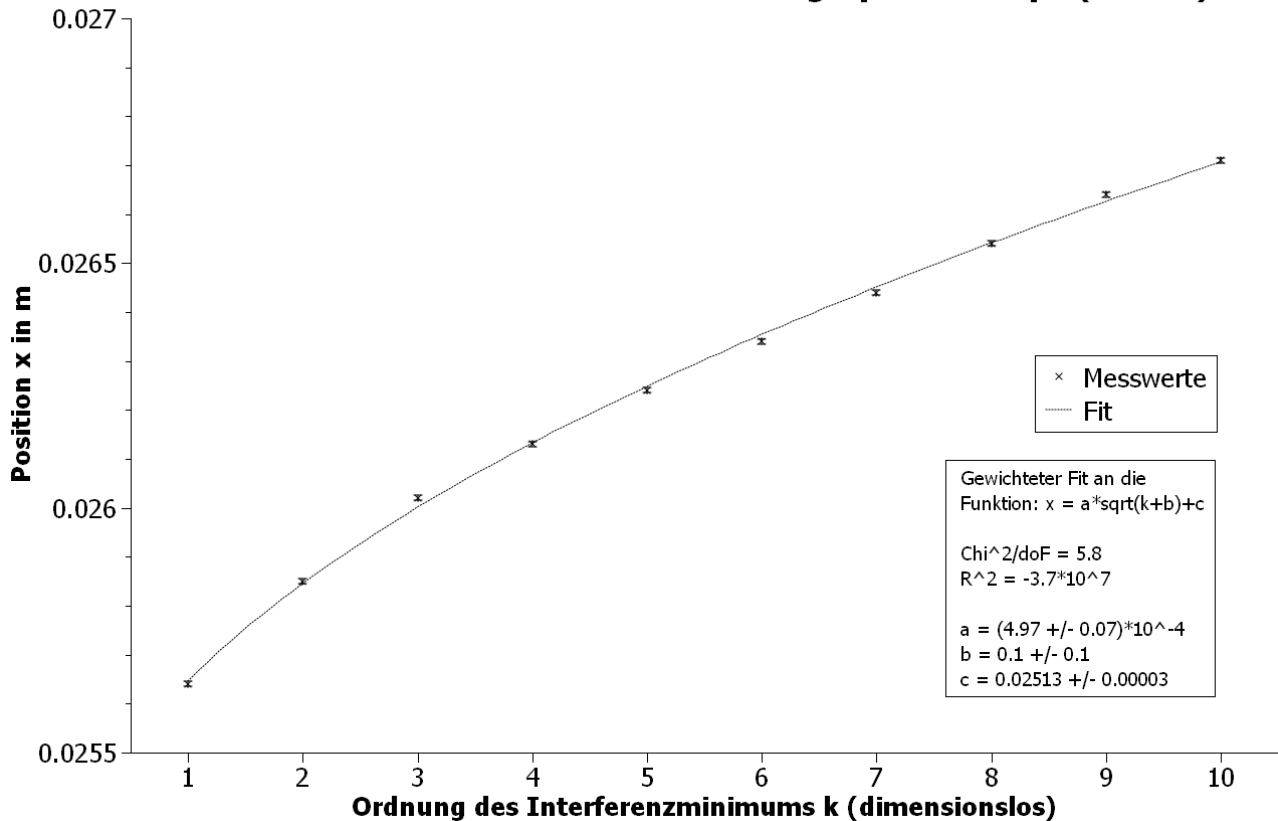
2.2. Bestimmung der Wellenlänge der blauen Spektrallinie von Quecksilber

Mit bekanntem Krümmungsradius wurde nun eine zu 2.1. identische Messreihe für die blaue Spektrallinie der Quecksilberdampfampe durchgeführt.

Es ergaben sich hierbei die folgenden Messwerte:



Interferenzbild für blaues Licht einer Hg-Spektrallampe (Rechts)



Hierbei gilt für den Parameter a ebenfalls die Gleichung aus 2.1. und es folgt somit:

$$\lambda = \frac{a^2}{R}$$

Somit ergibt sich für die linke und rechte Seite folgende Wellenlängen für die blaue Spektrallinie:

$$\bar{\lambda}_l = 403.347 \text{ nm}$$

$$\bar{\lambda}_r = 398.402 \text{ nm}$$

Die Fehler berechnen sich nach der Formel:

$$u_\lambda = \sqrt{\left(\frac{\partial \lambda}{\partial a} \cdot u_a\right)^2 + \left(\frac{\partial \lambda}{\partial R} \cdot u_R\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2a}{R} \cdot u_a\right)^2 + \left(\frac{a^2}{R^2} \cdot u_R\right)^2}$$

$$u_{\lambda_l} = \sqrt{(1.2 \cdot 10^{-8} \text{ m})^2 + (7.3 \cdot 10^{-9} \text{ m})^2} = 0.1 \text{ nm}$$

$$u_{\lambda_r} = \sqrt{(1.1 \cdot 10^{-8} \text{ m})^2 + (1.3 \cdot 10^{-8} \text{ m})^2} = 0.2 \text{ nm}$$

Somit ergeben sich die finalen Werte der Wellenlänge zu:

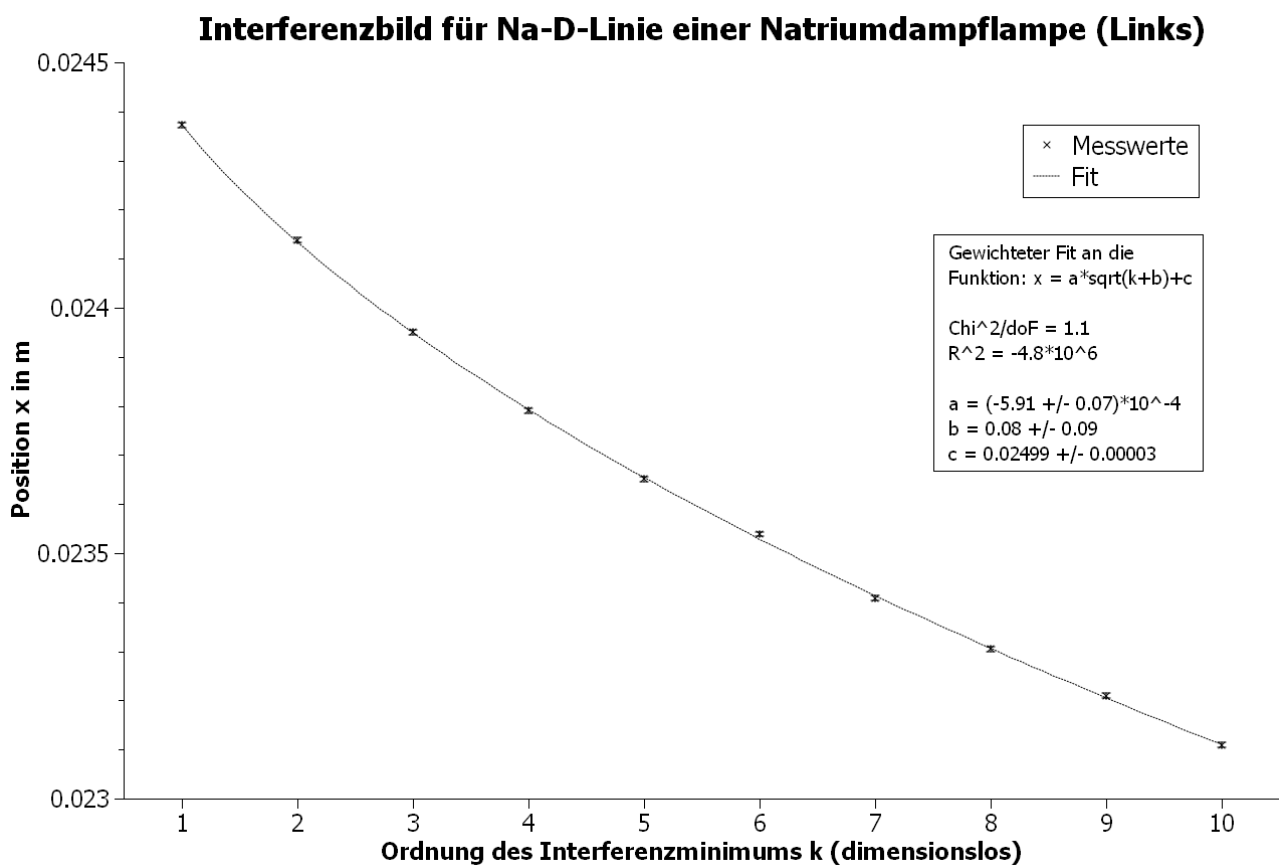
$$\lambda_l = (403.3 \pm 0.1) \text{ nm}$$

$$\lambda_r = (398.4 \pm 0.2) \text{ nm}$$

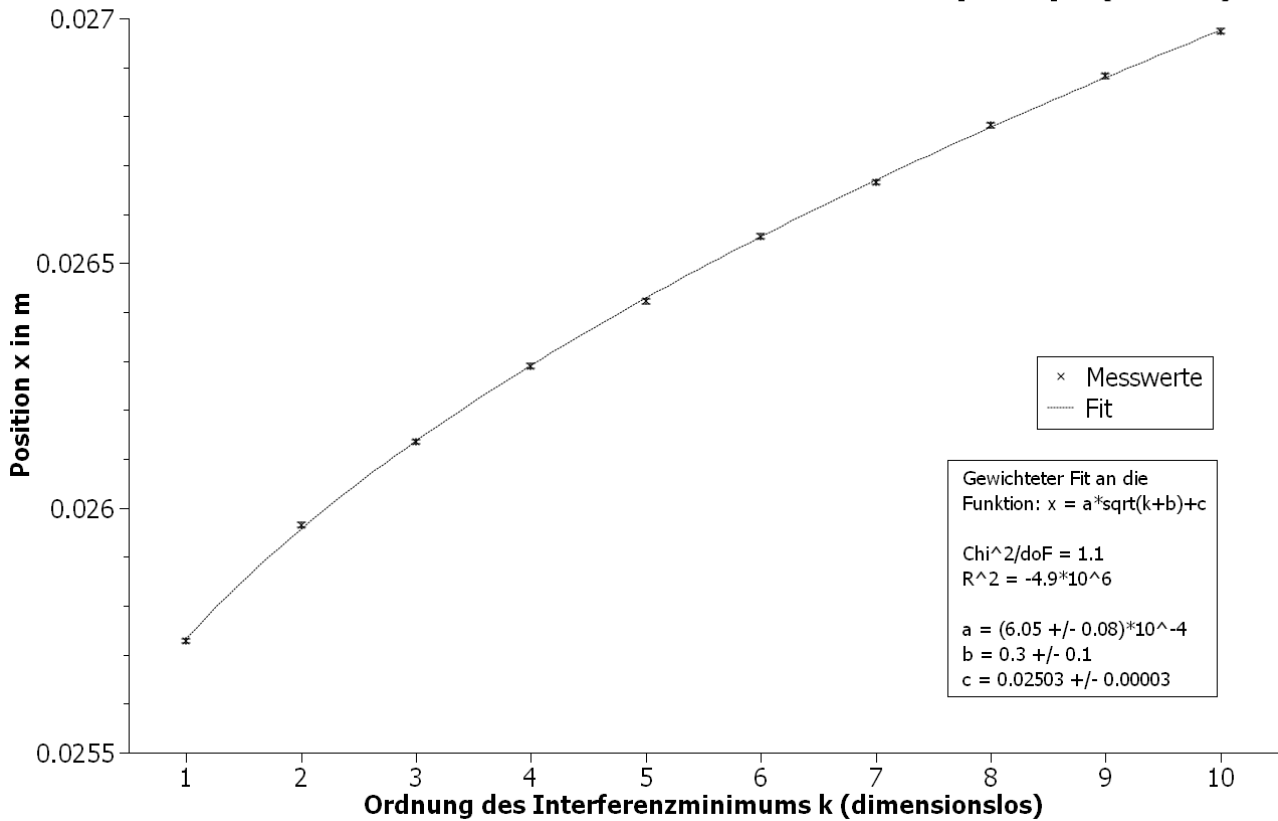
2.3. Bestimmung der Wellenlänge der Na-D-Linie einer Natriumdampfampe

Hierfür wurde die Quecksilberdampfampe durch eine Natriumdampfampe ersetzt und es wurde komplett analog zu 2.2. vorgegangen.

Die Messwerte ergaben folgende grafische Darstellung:



Interferenzbild für Na-D-Linie einer Natriumdampfampe (Rechts)



Analog ergeben sich für linke und rechte Seite die Wellenlängen:

$$\bar{\lambda}_l = 635.056 \text{ nm}$$

$$\bar{\lambda}_r = 590.363 \text{ nm}$$

und die entsprechenden Fehler:

$$u_{\lambda_l} = \sqrt{(1.5 \cdot 10^{-8} \text{ m})^2 + (1.1 \cdot 10^{-8} \text{ m})^2} = 0.2 \text{ nm}$$

$$u_{\lambda_r} = \sqrt{(1.6 \cdot 10^{-8} \text{ m})^2 + (1.9 \cdot 10^{-8} \text{ m})^2} = 0.2 \text{ nm}$$

Somit ergeben sich die finalen Werte der Wellenlänge zu:

$$\lambda_l = (635.1 \pm 0.2) \text{ nm}$$

$$\lambda_r = (590.4 \pm 0.2) \text{ nm}$$

3. Diskussion

Die Messung der Wellenlänge lieferte Werte mit einem relativen Fehler von weniger als 0.05 Prozent, was wohl etwas unrealistisch ist. Zumal die ermittelten Werte von den Referenzwerten (Hg-blau: 405 nm und Na-D: 589 nm) zum Teil stark abweichen. Es fällt allerdings auf, dass der Wert für die rechte Linsenhälfte sehr nah an den theoretischen Werten liegt, woraus ich folgere, dass insbesondere auf der linken Hälfte zusätzliche Fehler die Ergebnisse verfälscht haben.

Diese bis jetzt vernachlässigten Fehler erklären auch den geringen relativen Fehler. So wäre ein weiterer zufälliger Fehler die fehlerhafte Einstellung des Fadenkreuzes auf ein Minimum, da diese mitunter nur sehr schwer zu erkennen waren und insbesondere bei dem blauen Quecksilberspektrum nur schwach ausgeprägt waren, da die maximale Intensität eh schon nicht sehr groß war.

Da in jede Regressionsrechnung aber 10 Wertepaare einfließen, dürften die zufälligen Fehler relativ gut kompensiert worden sein.

Als systematische Fehler bei diesem Experiment ist wohl das Streulicht aus der Umgebung zu nennen, was dazu geführt haben könnte, dass die Minimas eine breitere Bandbreite hatten, da Licht anderer Wellenlängen an anderen Positionen Minimas haben. Jedoch dürfte die Intensität des Streulichtes vernachlässigbar klein gegenüber der des gewollten Lichtes gewesen sein.

Einen ähnlichen Effekt könnten die Filter erzielt haben, sollten diese nicht exakt eine Wellenlänge herausgefiltert haben, sondern eine gewisse Bandbreite, was dazu führen würde, dass die Minimas „verschwimmen“ und so den zufälligen Fehleranteil vergrößern würden.

Was bei der Betrachtung durch das Mikroskop ebenfalls auffiel war, dass die Interferenzringe nicht homogen ausgefüllt waren, sondern an manchen Punkten dunkle Stellen aufwiesen, was womöglich auf Schmutz oder Staub auf Linse oder Spiegel zurückzuführen ist. Dies dürfte die Messung jedoch ebenfalls nicht merklich beeinflusst haben, da in der Regel sich der Verlauf des Minimums leicht nachvollziehen ließ.

Außerdem könnte es sein, dass die Linse nicht, wie angenommen, ideal sphärisch ist, sondern asymmetrisch zum Auflagepunkt geformt ist. Dies wird auch unterstützt durch die verschiedenen bestimmten Krümmungsradien für die linke und rechte Seite. Dadurch würden die Ringe zu Ovalen, was wiederum die komplette Rechnung falsch werden lassen würde. Den vermutlich größten Einfluss auf die Messgenauigkeit hat wohl die anfängliche Justierung des Fadenkreuzes auf den Mittelpunkt der Ringe, da sollte das Fadenkreuz, senkrecht zur Messrichtung, von einem Durchmesser der Ringe abweichen, so würde jede Messung der Radien zu klein ausfallen und somit der Krümmungsradius und folglich auch die Wellenlänge zu klein bestimmt werden.

Um den Messaufbau zu optimieren könnte man ein Mikroskop mit größerer Vergrößerung wählen, sodass die Minima besser zu erkennen wären. Außerdem ließe sich das Streulicht verringern, indem man den Strahlengang ummantelt, sodass nur relevantes Licht auf die Linse trifft.

Um die anfängliche Justierung zu vereinfachen könnte man vielleicht den Mittelpunkt, also den Punkt, an dem die beiden Linsen sich berühren markieren, sodass diese Einstellung weniger eine subjektive Justierung ist.

Inwiefern dies alles im Rahmen des Grundpraktikums umsetzbar ist, ist in meinen Augen jedoch fraglich.

4. Quellen

[1] Skript: „Physikalisches Grundpraktikum - Elektrodynamik und Optik“, 2005

[2] Skript: „Physikalisches Grundpraktikum - Einführung in die Messung, Auswertung und Darstellung experimenteller Ergebnisse in der Physik“, 2007

[3] <http://de.wikipedia.org/wiki/Quecksilberdampf Lampe>

[3] <http://de.wikipedia.org/wiki/Natriumdampf Lampe>

5. Anhang