

Interferometrie

Alina Nasr-Esfahani Paul Becker
(alina.esfahani@udo.edu) (paul.becker@udo.edu)

06.07.2017, Dortmund

Inhaltsverzeichnis

1 Zielsetzung	2
2 Theorie	2
2.1 Brechungsindex	2
2.2 Strahlengang durch ein Glasplättchen	3
2.3 Kontrast	3
3 Versuchsaufbau und Durchführung	4
4 Auswertung	5
4.1 Kontrast	5
4.2 Brechungsindex von Glas	5
4.3 Brechungsindex von Luft	5

1 Zielsetzung

Es soll mittels Sagnac Interferometer der Brechungsindex von Luft und Quarzglas bestimmt werden.,

2 Theorie

2.1 Brechungsindex

Der Brechungsindex n eines Mediums bestimmt sich aus dem Verhältnis der Lichtgeschwindigkeit zur Phasengeschwindigkeit der durch das Medium propagierende Welle.

$$n = \frac{c}{v_{ph}} \quad (2.1.1)$$

wobei die Phasengeschwindigkeit einer Welle sich aus Kreisfrequenz ω und Wellenzahl k bestimmt.

$$v_{ph} = \frac{\omega}{k} \quad (2.1.2)$$

Im allgemeinen ist eine Welle ein Objekt, welches sich in Ort und Zeit periodisch ändert. Mathematisch wird dieses Verhalten durch eine komplexe e-Funktion beschrieben

$$f(x, t) = A \exp i(kx - \omega t) = A \exp ikx \exp -i\omega t \quad (2.1.3)$$

wobei der erste Exponentialterm die Phasenänderung beschreibt und der zweite Exponentialterm, auch Phasor genannt, die zeitliche Änderung der Welle berücksichtigt. Wird zusätzlich die Kreisfrequenz durch die Wellenlänge im Vakuum ausgedrückt, können wir die Phasenänderung pro Länge durch die Brechzahl ausdrücken.

$$f(x, t) = A \exp -i\omega t \exp 2\pi i \frac{n}{\lambda_{vac}} x \quad (2.1.4)$$

Die Phasendifferenz zweier Wellen, welche durch das Vakuum mit $n = 1$ und einem Medium mit der Brechzahl n und der Länge L propagiert, errechnet sich zu

$$\delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda_{vac}} \delta n L = \frac{2\pi}{\lambda_{vac}} (n - 1) L. \quad (2.1.5)$$

Die Anzahl der Intensitätsmaxima N ergibt sich aus der Phasendifferenz

$$N = \frac{\delta\phi}{2\pi} = \frac{n - 1}{\lambda_{vac}} L. \quad (2.1.6)$$

Um die Auswirkung von Druck oder Temperaturänderungen auf die Brechzahl berücksichtigen zu können, wird das Lorenz-Lorentz Gesetz

$$n = \sqrt{1 + \frac{3Ap}{RT}} \quad (2.1.7)$$

genutzt.

2.2 Strahlengang durch ein Glasplättchen

Die Messung der Brechzahl von Quarzglas basiert auf dem Gangunterschied, welcher das Licht erfährt, wenn es durch das Medium propagiert. Der Gangunterschied hängt im wesentlichen von dem Brechzahlsprung an der Grenzfläche des Mediums und dem Auslenkungswinkel ab.

$$\phi(\Phi) = \frac{2\pi}{\lambda_{vac}} \left(\frac{n_2 - n_1 \cos(\Phi - \Phi')}{\cos(\Phi')} - \frac{n_2 - n_1}{n_1} \right) \quad (2.2.1)$$

2.3 Kontrast

Der Kontrast eines Interferometers ist ein Maß für die Interferenzfähigkeit des Lichtes. Der Kontrast ist durch

$$K = \frac{|I_{max} - I_{min}|}{|I_{max} + I_{min}|} \quad (2.3.1)$$

Der Kontrast hängt maßgeblich vom Polarisationswinkel des Polarisators vor dem Interferometer ab.

$$K = C |\cos(\phi + \delta) * \sin(\phi + \delta)| \quad (2.3.2)$$

3 Versuchsaufbau und Durchführung

Der Versuch wird mit dem Aufbau, der in ?? schematisch dargestellt ist, durchgeführt. Dafür wird zunächst Rubidium erhitzt, sodass sich die Dampfzelle damit füllt. Ein angelegtes Magnetfeld wird so lange variiert bis der Einbruch in der Intensität des eingestrahlten Lichts möglichst schmal wird. Dadurch wird der Effekt des Erdmagnetfeldes kompensiert. Zu diesem Zweck ist der gesamte Versuch parallel zum Erdmagnetfeld auszurichten. Das eingestrahlte Licht geht durch einen Interferenzfilter, einen Polarisationsfilter und eine $\lambda/4$ -Platte, um rechtszirkular-polarisiertes D_1 -Licht zu erhalten. Mit einer Sweep-Spule wird das Magnetfeld variiert, um die Stellen bestimmen zu können, wo induzierte Emission einsetzt und der Transmissionskoeffizient sinkt. Daraus wird die Stärke des Erdmagnetfeldes, die Lande-Faktoren und die Kernspins der Rubidiumisotope berechnet. Aus der Amplitude der Pulse an den Resonanzstellen wird das Isotopenverhältnis bestimmt. Durch Verändern der Amplitude des Hochfrequenzfeldes bei festgehaltener Frequenz wird das Verhältnis der Relaxationsperioden bestimmt.

4 Auswertung

Ausgleichsrechnungen mit Fehlerfortpflanzung werden mit `scipy.optimize.curve_fit` aus dem Programm Python durchgeführt.

4.1 Kontrast

Fit nach der Funktion

$$K = a \cdot |\sin(2 \cdot \phi + b)|$$

liefert die Fitparameter $a = 1.06 \pm 0.05$ und $b = 1 \pm 2$

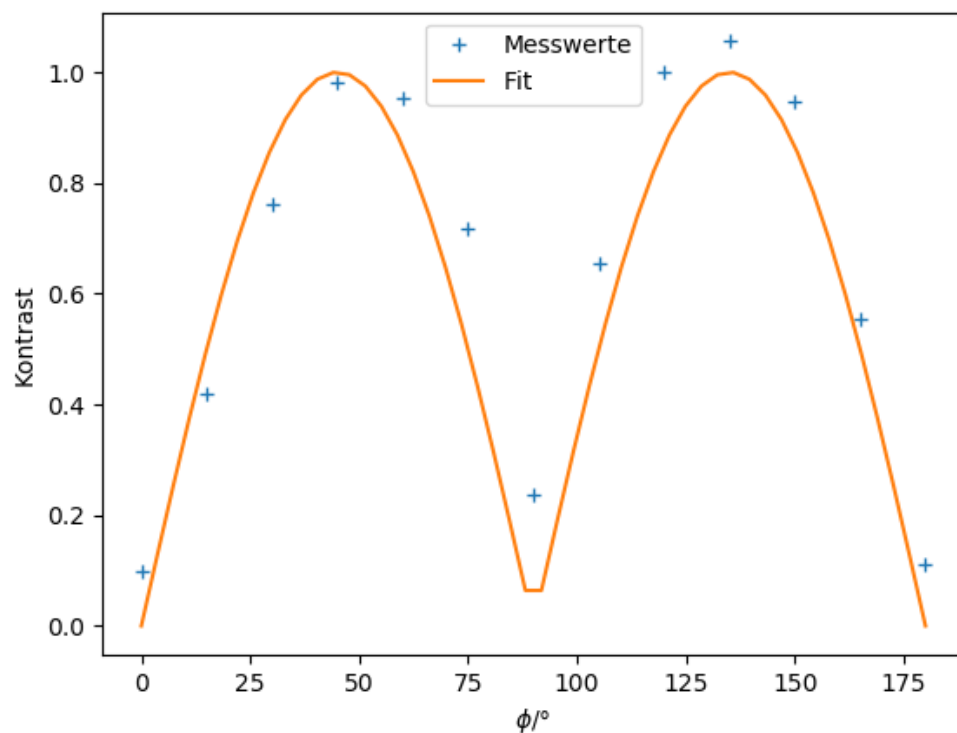


Abbildung 1: Ausgleichsrechnung für den Zusammenhang zwischen dem Winkel ϕ und dem Kontrast K .

4.2 Brechungsindex von Glas

Fit nach der Funktion in Gleichung (??) liefert den Fitparameter $a = 1.553 \pm 0.009$, was auch bereits der Brechungsindex von Glas ist.

4.3 Brechungsindex von Luft

Fit nach der Funktion

$$n = \sqrt{a \cdot p + 1}$$

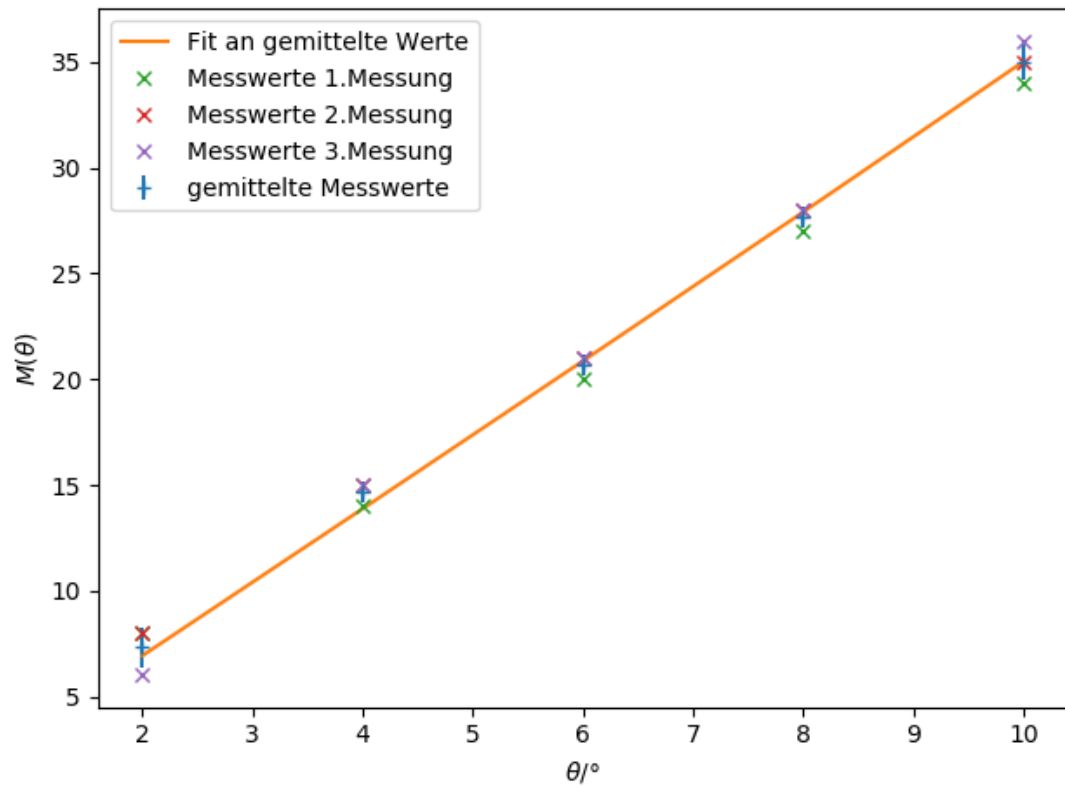


Abbildung 2: Lineare Ausgleichsrechnung für den Zusammenhang zwischen dem Winkel θ und der Anzahl der Intensitätsmaxima.

liefert den Fitparameter $a = 6.05 \cdot 10^{-7} \pm 4 \cdot 10^{-9}$

Daraus ergibt sich für den Brechungsindex bei Normalbedingungen: 0.999547 ± 0.000003 .

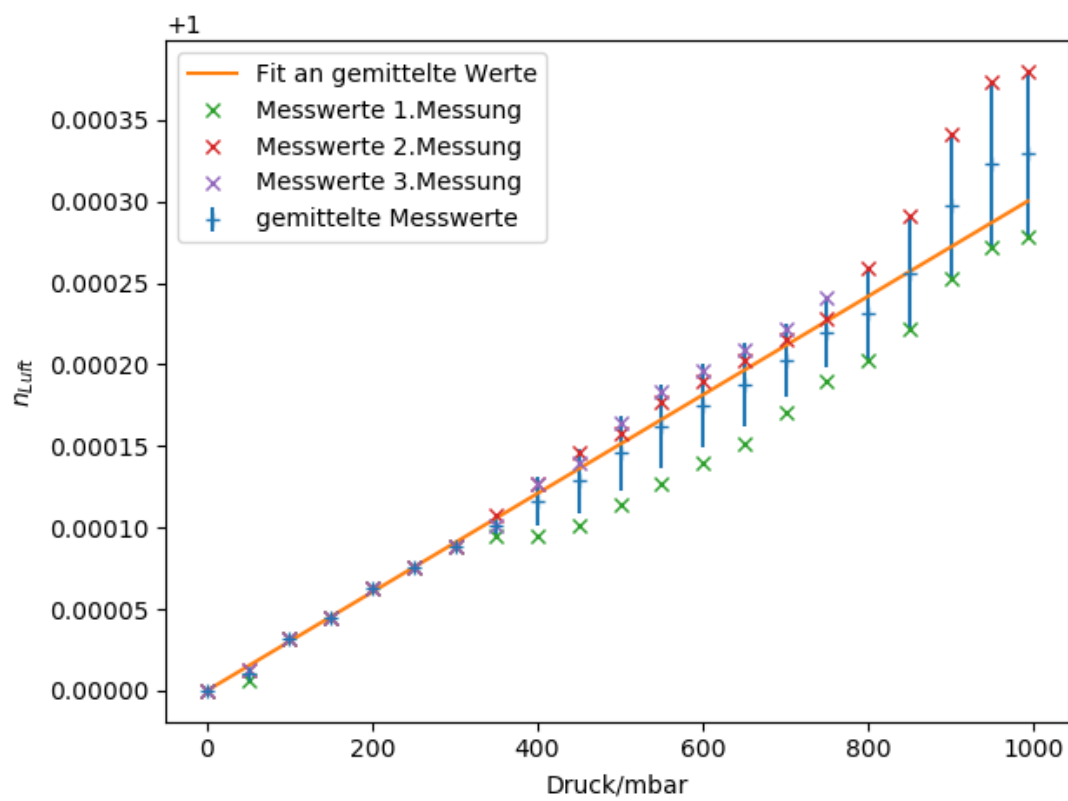


Abbildung 3: Lineare Ausgleichsrechnung für den Zusammenhang zwischen dem Druck p und dem Brechungsindex.

Datum:
06.07.2017

Interferometrie
von Alina Nasr-Esfahani,
Paul Becker

Versuchs Nummer:
V 64

Alles tutti