

V64

# **Moderne Interferometrie**

Sonia Chander

sonia.chander@tu-dortmund.de

Jana Schlücking

jana.schluecking@tu-dortmund.de

Durchführung: 11.04.2022

Abgabe: 13. April 2022

TU Dortmund – Fakultät Physik

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zielsetzung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Theorie</b>	<b>3</b>
2.1	Kohärenz . . . . .	3
2.2	Polarisation . . . . .	3
2.3	Kontrast . . . . .	3
2.4	Brechungsindexbestimmung von Gas . . . . .	4
2.5	Brechungsindexbestimmung von Glas . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Aufbau und Durchführung</b>	<b>5</b>
3.1	Aufbau . . . . .	5
3.2	Justage . . . . .	7
3.3	Kontrastbestimmung . . . . .	9
3.4	Bestimmung des Brechungsindex von Glas . . . . .	9
3.5	Bestimmung des Brechungsindex von Gas . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Auswertung</b>	<b>9</b>
4.1	Kontrast . . . . .	9
4.2	Brechungsindex von Glas . . . . .	11
4.3	Brechungsindex von Luft . . . . .	12
4.3.1	Lorentz-Lorenz Gesetz . . . . .	13
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>15</b>
	<b>Literatur</b>	<b>16</b>

# 1 Zielsetzung

In diesem Versuch wird das Sagnac-Interferometer als moderne Apparatur der Interferometrie vorgestellt. Die grundlegende Funktionsweise soll durch die Justage des Interferometers und die Kontrastmessung vermittelt werden. Anschließend wird mithilfe des Interferometers der Brechungsindex von Glas sowie des Gasgemisches Luft bestimmt.

## 2 Theorie

### 2.1 Kohärenz

Interferenz kann bei der Überlagerung von elektromagnetischen Wellen auftreten in Form der konstruktiven und destruktiven Interferenz. Konstruktive Interferenz bezeichnet dabei das Addieren der Wellenmaxima, destruktive Interferenz das Aufheben der Wellen, sodass keine Intensität mehr gemessen wird. Damit zwei elektromagnetische Wellen miteinander interferieren können, müssen sie kohärent sein, sie müssen also eine feste Phasendifferenz und die gleiche Wellenlänge haben. Dies ist häufig nur über eine gewisse Zeitdauer der Fall, diese Zeit wird als Kohärenzzeit bezeichnet. Desweiteren wird in räumliche und zeitliche Kohärenz unterschieden, räumliche Kohärenz beschreibt eine feste Phasendifferenz bezüglich der Raumachse, zeitliche dementsprechend eine feste Phasendifferenz bezüglich der Zeitachse.

### 2.2 Polarisation

Die Polarisation beschreibt die Auslenkungsrichtung der Lichtwelle im Bezug zur Ausbreitungsrichtung. Es gibt unpolarisiertes Licht, linear polarisiertes und ellipstisch/ zirkular polarisiertes Licht. Beim letzteren dreht sich die Auslenkungsrichtung um die Bewegungsrichtung. Lineare Polarisation bedeutet, dass die Auslenkung der Welle senkrecht zur Bewegungsrichtung in einer Ebene stattfindet. Lichtwellen müssen gleich polarisiert sein, damit sie interferieren können.

### 2.3 Kontrast

Die Qualität eines Interferometers kann mit dem Kontrast  $K$  beschrieben werden:

$$K = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \quad (1)$$

Die Intensität  $I$  ergibt sich durch zeitliche Mittelung des elektrischen Feldes über eine Periode,  $I_{\max/\min}$  bezeichnet die Intensität der Interferenzmaxima/-minima. Der Kontrast  $K(\phi)$  ist im allgemeinen von dem Polarisationswinkel  $\phi$  des ersten Polarisators abhängig. Die sich überlagernden Lichtwellen können definiert werden als

$$\vec{E}_1 = \vec{E}_0 \cos(\phi) \cos(\omega t) \quad \vec{E}_2 = \vec{E}_0 \sin(\phi) \cos(\omega t + \delta), \quad (2)$$

wobei  $\omega$  die Kreisfrequenz der Welle und  $\delta$  die Phasenverschiebung bezeichnet. Die Intensität berechnet sich dann mit der zeitlichen Mittelung über eine Periode:

$$I \propto \langle (\vec{E}_1 + \vec{E}_2)^2 \rangle = \langle E_1^2 + 2E_1E_2 + E_2^2 \rangle,$$

hierbei bezeichnet  $\langle \dots \rangle = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} \dots dt$ . Die einzelnen Terme ergeben sich somit zu:

$$\langle E_1^2 \rangle = E_0^2 \cos^2(\phi) \langle \cos^2(\omega t) \rangle = \frac{1}{2} E_0^2 \cos^2(\phi)$$

$$\langle E_2^2 \rangle = E_0^2 \sin^2(\phi) \langle \cos^2(\omega t + \delta) \rangle = \frac{1}{2} E_0^2 \sin^2(\phi)$$

$$\langle 2E_1E_2 \rangle = 2E_0^2 \sin(\phi) \cos(\phi) \langle \cos(\omega t) \cos(\omega t + \delta) \rangle = E_0^2 \sin(\phi) \cos(\phi) \cos(\delta)$$

Für die Intensität folgt dann:

$$\begin{aligned} I &\propto \frac{1}{2} E_0^2 \cos^2(\phi) + \frac{1}{2} E_0^2 \sin^2(\phi) + E_0^2 \sin(\phi) \cos(\phi) \cos(\delta) \\ &\propto \frac{1}{2} E_0^2 (1 + 2 \sin(\phi) \cos(\phi) \cos(\delta)) \end{aligned}$$

Für Interferenzmaxima ( $\delta = 2n\pi, n \in \mathbb{N}$ ) und -minima ( $\delta = (2n+1)\pi, n \in \mathbb{N}$ ) ergibt sich schließlich der Zusammenhang

$$I_{\max/\min} \propto I_{\text{ges}} (1 \pm 2 \cos(\phi) \sin(\phi)).$$

Der Kontrast hat somit die folgende Abhängigkeit vom Polarisationswinkel  $\phi$ :

$$V \propto 2I_{\text{ges}} \sin(\phi) \cos(\phi) \quad (3)$$

## 2.4 Brechungsindexbestimmung von Gas

Eine typische Anwendung der Interferometrie ist das Bestimmen von Brechungsindizes verschiedener Materialien. Da die Lichtgeschwindigkeit in Materialien gegeben ist durch  $v = \frac{c}{n}$  verändert sich der Wellenvektor gemäß  $k = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot n$ , wobei  $\lambda_0$  die Vakuumwellenlänge ist. Durchläuft der Lichtstrahl nun ein Kammer der Länge  $L$ , welche mit einem Gas des Brechungsindex  $n$  gefüllt ist, so erfährt er eine Phasenverschiebung von

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} (n - 1) \cdot L.$$

Die Anzahl der Maxima oder der Minima  $M$  steht durch

$$M = \frac{\delta}{2\pi}$$

im Zusammenhang mit der Phasenverschiebung, sodass bei gegebener Anzahl der Maxima oder Minima der Brechungsindex wie folgt gerechnet werden kann:

$$n = \frac{\lambda_0 \cdot M}{L} + 1 \quad (4)$$

Über das Lorentz-Lorenz-Gesetz ist der Brechungsindex abhängig von dem Druck  $p$  und der Temperatur  $T$  des Gases. Durch eine Taylorentwicklung um  $n \approx 1$  kann auf eine lineare Abhängigkeit genähert werden:

$$\begin{aligned}\frac{A \cdot p}{R \cdot T} &= \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \\ &\approx \frac{2}{3}(n - 1)\end{aligned}$$

Der Brechungsindex kann somit über

$$n \approx \frac{3}{2} \frac{A \cdot p}{R \cdot T} + 1 \quad (5)$$

bestimmt werden.  $A$  bezeichnet hier die Refraktivität und  $R$  die allgemeine Gaskonstante.

## 2.5 Brechungsindexbestimmung von Glas

Beim Durchlaufen einer planparallelen Platte wird ein Lichtstrahl an beiden Grenzflächen mit dem gleichen Winkel entgegengesetzt gebrochen, sodass die Bewegungsrichtung nicht verändert ist, aber der Strahl leicht versetzt ist. Da die Brechung vom Drehwinkel  $\Theta$  abhängig ist, ergibt sich ein Ausdruck  $\delta(\Theta)$  für den Fall, dass ein Strahl durch eine Glasplatte der Dicke  $D$  läuft:

$$\delta = \frac{2\pi D}{\lambda_0} \left[ \frac{n-1}{2n} \Theta^2 + \mathcal{O}(\Theta^4) \right]$$

In diesem Versuch wird mit zwei Glasplatten gearbeitet, die um  $\pm\Theta_0$  mit  $\Theta_0 = 10^\circ$  gegeneinander verschoben sind. Daher ergibt sich für die Phasenverschiebung

$$\delta(\Theta) = \frac{2\pi}{\lambda_0} D \frac{n-1}{2n} [(\Theta + \Theta_0)^2 - (\Theta - \Theta_0)^2] .$$

Mit  $M = \frac{\delta}{2\pi}$  ergibt sich für den Brechungsindex:

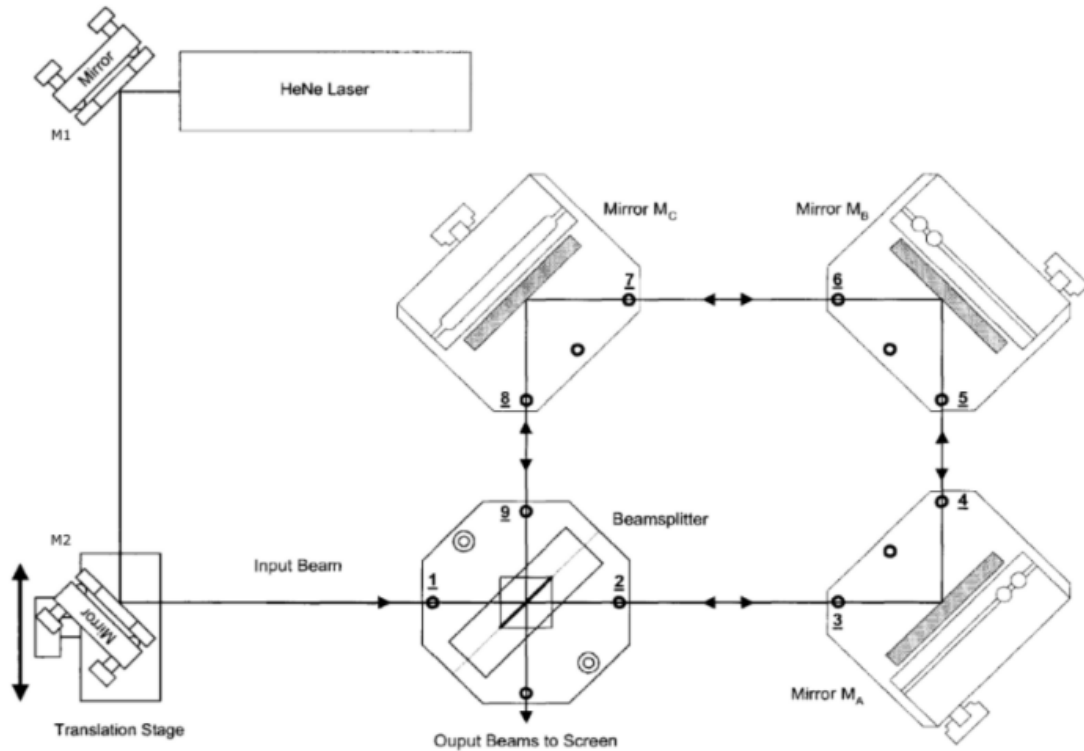
$$n(\Theta) = \frac{1}{1 - \frac{M\lambda_0}{2D\Theta\Theta_0}} \quad (6)$$

## 3 Aufbau und Durchführung

### 3.1 Aufbau

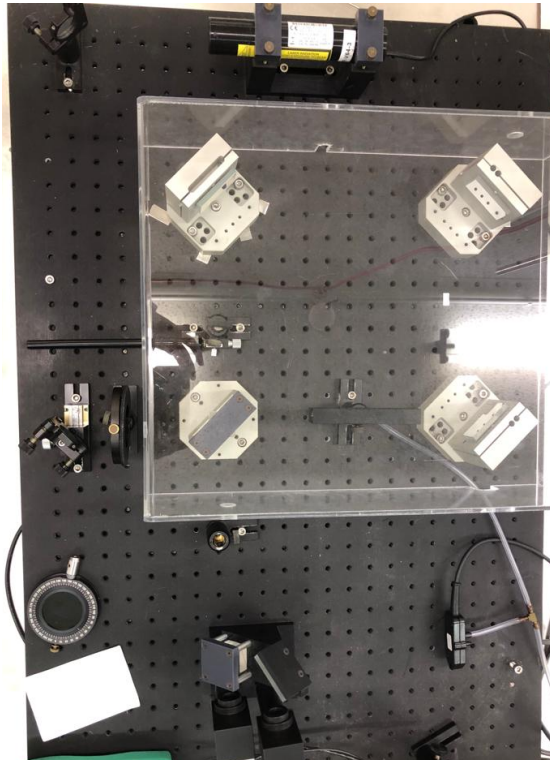
Der Aufbau des Sagnac-Interferometers ist schematisch in der Abbildung 1 dargestellt. Der benutzte HeNe - Laser emittiert Licht der Wellenlänge 632,99 nm [2], dieses Licht wird über die Spiegel  $M_1$  und  $M_2$  auf einen Polarizing Beam Splitter Cube (PBSC) reflektiert. Dort wird der s-polarisierte Teil des Lichtstrahls reflektiert und läuft im Uhrzeigersinn

durch das Interferometer und der p-polarisierte Teil des Lichtstrahls wird transmittiert und läuft entgegen des Uhrzeigersinnes durch das Interferometer. Nach einem Umlauf werden die Lichtstrahl durch den PBSC wieder zusammengeführt. In der Abbildung 2 ist vor dem PBSC ein Polarisationsfilter zu sehen, welcher mit dem Winkel  $\phi$  ausgelenkt ist und in der Kontrastmessung gebraucht wird. Außerdem soll dieser feststellen, dass in den PBSC der s- und p-polarisierten Anteil des Lichtstrahls gleichermaßen vertreten ist, sodass ein Winkel von  $\phi = 45^\circ$  zur Justage eingestellt wird.



**Abbildung 1:** Der schematische Aufbau des Sagnac-Interferometers. [2]

Eine Eigenschaft des Sagnac-Interferometers ist es, dass die beiden zu interferierenden Strahlen den gleichen Weg durchlaufen. Somit ist das Interferenzbild weniger anfällig auf äußeren Einflüsse wie Luftdruckschwankungen. Damit eine Messung durchgeführt werden kann, müssen die beiden Lichtstrahlen getrennt werden. Dies passiert durch Bewegen des Spiegels  $M_2$  parallel zur ersten Oberfläche des PBSC. Die Lichtstrahlen treffen nun an verschiedenen Punkten an den Spiegeln auf, treffen jedoch im PBSC wieder zusammen. Der Output aus dem PBSC zeigt so keine Interferenz auf, da die beiden Strahlen senkrecht zueinander polarisiert sind. Daher wird für die Justage ein Polarisationsfilter mit Winkel  $45^\circ$  vor einen Schirm gestellt. Die Messung wird mit ein bis zwei Photodioden durchgeführt. Um diese zu nutzen, wird statt des Polarisationsfilter ein um  $45^\circ$  gekippter PBSC benutzt, wobei der im PBSC reflektierte Strahl nochmal durch einen Spiegel in die Photodiode reflektiert wird. Zur Bestimmung der Anzahl der Maxima und Minima wird mit der

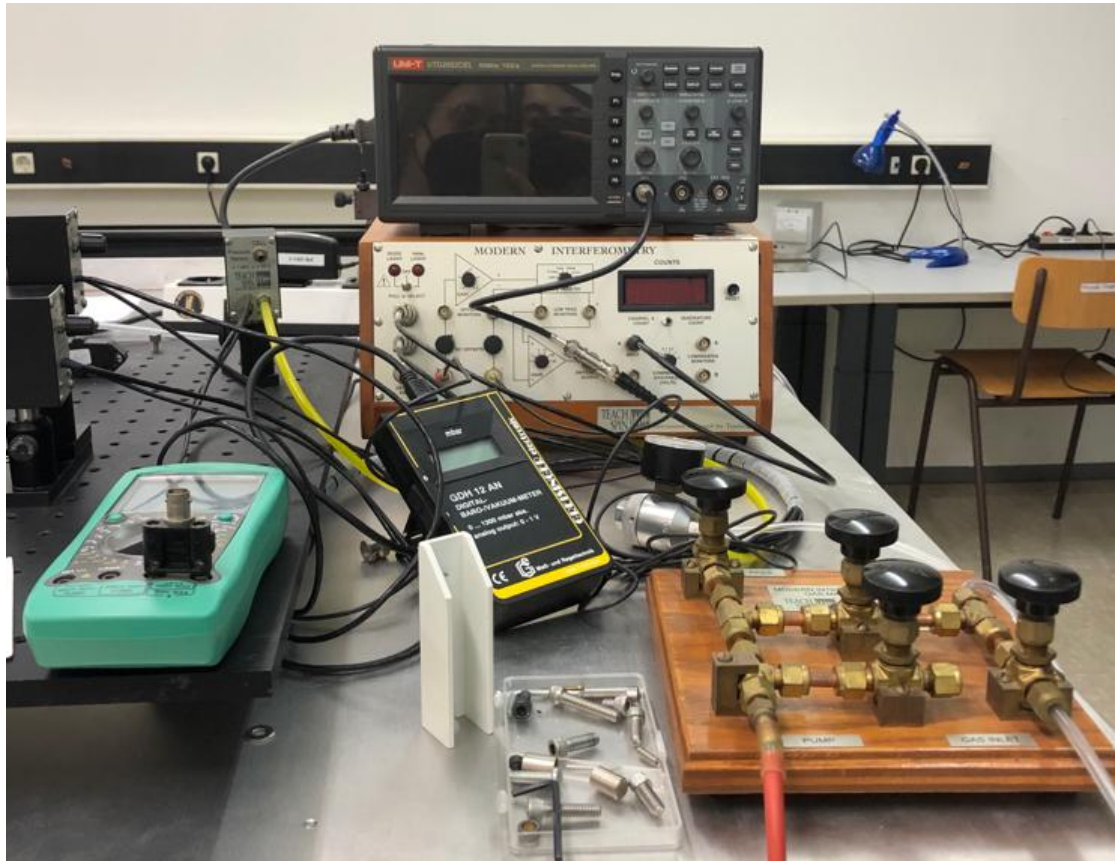


**Abbildung 2:** Der Aufbau des Interferometers im Versuch. Es ist die Gaskammer im Strahlengang des zuerst vom PBSC transmittierten Strahl zu sehen und der Doppelglashalter im Strahlengang des zuerst reflektieren Strahls. Unten im Bild stehen beide Dioden nebeneinander und der im  $45^\circ$  gekippte zweite PBSC ist vor diesen zu erkennen. Der zur Justage benutzte Polarisationsfilter und Schirm liegen vorne links im Bild.

Differenzmethode gearbeitet, also die Signal der beiden Dioden werden auf ihre Differenz untersucht. Damit werden konstante Störungen wie anderes einfallendes Licht aus dem Signal genommen. In der Abbildung 3 sind die Messgeräte zu sehen, mit denen gearbeitet wurde.

### 3.2 Justage

Zu Beginn muss das Sagnac-Interferometer justiert werden. Dies wird mit zwei Justageplatten gemacht, die jeweils 3 Löcher auf der Höhe des Laserstrahls hat. Zuerst werden die Spiegel M1 und M2 (siehe Abbildung 1) so verstellt, dass der durch den PBSC transmittierte Strahl durch das mittige Loch der Justageplatten geht, welche auf den Positionen 2 und 3 stehen. Hierbei wird der im PBSC reflektierte Strahl durch einen Schirm blockiert. Anschließend werden die Justageplatten an verschiedene Positionen vor den Spiegeln des Interferometers gebracht. Durch Bewegen der Bodenplatte, Erhöhen dieser durch Metallplättchen, und Feinjustierschrauben werden beide Strahlen durch das



**Abbildung 3:** Die im Versuch benutzten Messgeräte. Im Vordergrund ist links in einem blau-grün das Multimeter zu sehen, mit welchem die Intensitäten der Minima und Maxima für die Berechnung des Kontrastes gemessen werden. Das schwarze stehende Gerät mit gelben Streifen ist das Anzeigegerät des Manometers. Im Hintergrund steht ein Oszilloskop auf einem Modern Interferometry Controller.

mittlere Loch der Justageplatten geführt.

Nachdem ein Polarisationsfilter mit einem Winkel von  $45^\circ$  nach dem PBSC eingebaut wird, erscheint auf dem Schirm ein Interferenzmuster. Dieses kann sich noch nicht verändern, da keiner der Strahlen einen Phasenverschub erfährt. Die Lichtstrahlen werden nun getrennt durch das Verschieben des Spiegels  $M_2$  parallel zur ersten Oberfläche des PBSC. Durch Bewegung der Glasplatten, welche im Strahlengang zwischen dem PBSC und dem Spiegel  $M_C$  eingebaut werden, werden Interferenzmaxima und -minima durchlaufen. Im Interferenzmuster sind Streifen zu sehen, welche auftreten, da die Lichtstrahlen nicht perfekt parallel ausgerichtet sind. Durch die Feinjustierschrauben werden diese Streifen so gut wie möglich entfernt.



### 3.3 Kontrastbestimmung

Der Polarisationsfilter und der Schirm werden hinter dem PBSC entfernt, der Output-beam wird auf einen um  $45^\circ$  gekippten weiteren PBSC geleitet, welcher seine beiden Outputbeams auf zwei Photodioden reflektiert und transmittiert. Eine der Dioden wird an ein Multimeter angeschlossen. Nun wird für verschiedene Werte des Polarisationswinkel  $\phi$  des Polarisationsfilters vor dem PBSC die Diodenspannung der Interferenzmaxima und -minima gemessen. Die Maxima und Minima werden durch Bewegen des Doppelglashalters eingestellt. Es werden in einem Bereich von  $\phi \in [0^\circ, 180^\circ]$  in Schritten von  $\Delta\phi = 15^\circ$  Werte genommen und der Kontrast berechnet. In der Nähe von Winkeln mit hohem Kontrast werden Daten im Abstand von  $\Delta\phi = 5^\circ$  genommen.

Es wird der Winkel  $\phi$  eingestellt, bei dem der größte Kontrast gemessen wurde. Alle weiteren Messungen werden mit dieser Einstellung durchgeführt.

### 3.4 Bestimmung des Brechungsindex von Glas

Beide Photodioden werden an den Modern Interferometry Controller angeschlossen, dessen Output wird auf einem Oszilloskop angezeigt. Der Doppelglashalter wird im Bereich von  $\Theta \in [0^\circ, 10^\circ]$  bewegt. Der Modern Interferometry Controller zählt die Nulldurchgänge der Differenz der Diodenspannungen, also die Anzahl der Interferenzminima. Diese Anzahl wird für eine ganze Drehung von  $\Theta$  um  $10^\circ$  gemessen. Die Messung wird 10 mal wiederholt.

### 3.5 Bestimmung des Brechungsindex von Gas

Der Doppelglashalter wird aus dem Strahlengang gebaut und eine Gaszelle wird eingebaut. Diese wird mithilfe einer Pumpe leergepumpt. Dann wird kontrolliert Luft in die Gaszelle gefüllt und in Schritten von 50 mbar die Anzahl der durchlaufenden Interferenzminima notiert. Die Messung wird 4 mal wiederholt. Um äußere Einflüsse wie Luftdruckschwankungen zu minimieren wird eine Haube auf das Interferometer gesetzt.

## 4 Auswertung

### 4.1 Kontrast

Zu Beginn der Auswertung wurde der maximale Kontrast ermittelt, der dann für die weitere Auswertung verwendet wurde. Wie in Unterabschnitt 3.3 beschrieben, wurden die Messpunkte aufgenommen und mithilfe von Gleichung 1 wurde der Kontrast bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zu finden. Der maximale Kontrast mit  $K = 0,97$  wurde bei  $\phi = 135^\circ$  bestimmt. Somit wurde der Polarisationsfilter für die folgenden Messungen auf  $\phi = 135^\circ$  gestellt.

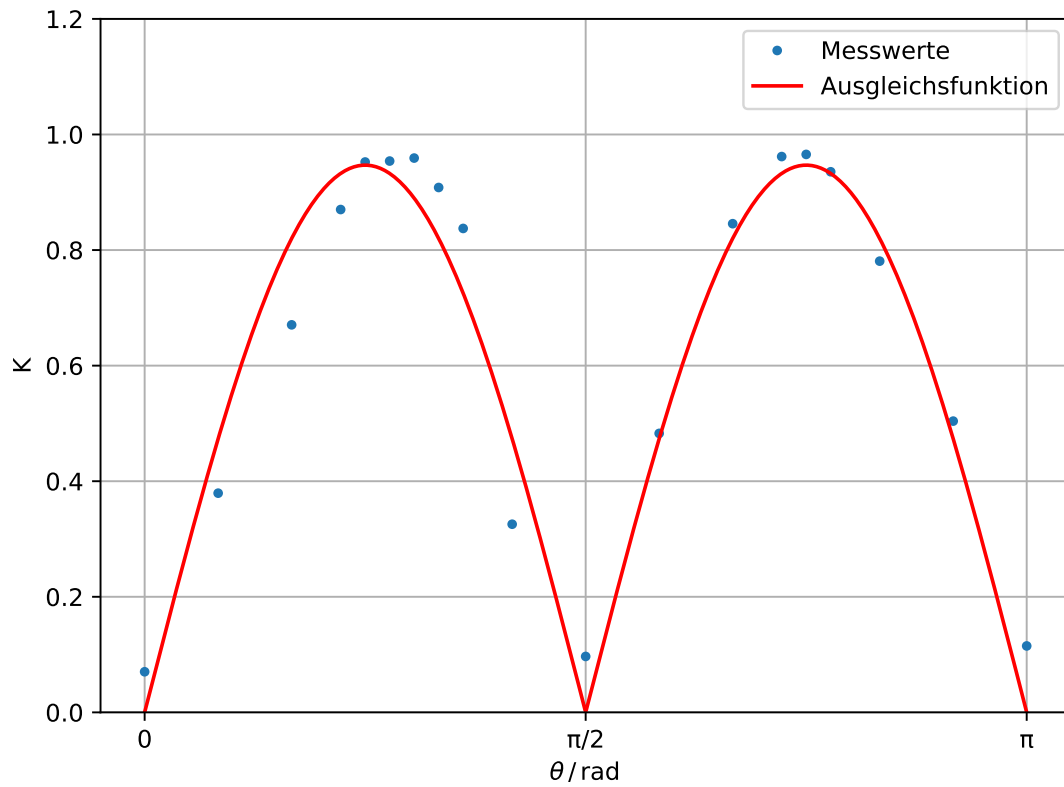
Desweiteren wird mit den Messwerten eine Ausgleichsrechnung mit python durchgeführt. Der Kontrast  $K$  kann mit folgender Funktion beschrieben werden:

$$K = A \cdot |\cos(\Phi) \sin(\Phi)|.$$

Durch die Ausgleichsrechnung wird für

$$A = 1,89 \pm 0,05$$

ermittelt. Die aufgenommenen Messwerte, sowie die Ausgleichsfunktion sind in Abbildung 4 grafisch abgebildet.



**Abbildung 4:** Die aufgenommenen Messwerte zur Ermittlung des Kontrasts und die Ausgleichsrechnung.

**Tabelle 1:** Aufgenommene Messwerte zur Kontrastmessung, sowie der jeweilige Kontrastwert.

$\Phi/^\circ$	$U_{\min}/V$	$U_{\max}/V$	$K$
0	0,86	0,99	0,07
15	0,36	0,80	0,38
30	0,14	0,71	0,67
40	0,05	0,72	0,87
45	0,02	0,82	0,95
50	0,02	0,85	0,95
55	0,02	0,96	0,96
60	0,05	1,04	0,91
65	0,10	1,13	0,84
75	0,58	1,14	0,33
90	0,84	1,02	0,10
105	0,60	1,72	0,48
120	0,22	2,63	0,85
130	0,06	3,08	0,96
135	0,05	2,85	0,97
140	0,10	3,00	0,94
150	0,32	2,60	0,78
165	0,62	1,88	0,50
180	0,77	0,97	0,11

## 4.2 Brechungsindex von Glas

Um den Brechungsindex von Glas zu bestimmen, wurde die Anzahl der Intensitätsminima  $M$ , wie in der Unterabschnitt 3.4 beschrieben, aufgenommen. Mithilfe der Gleichung 6 wurde der Brechungsindex bestimmt. Dabei beträgt die Dicke der Platten  $D = 1 \text{ mm}$ , die Wellenlänge des Lasers  $\lambda_0 = 632,990 \text{ nm}$  und  $\theta_0 = 10^\circ$ , da die beiden Platten jeweils um  $\theta_0$  geneigt waren [2]. Die aufgenommenen Messwerte sowie der jeweils ermittelte Brechungsindex sind in Tabelle 2 zu finden. Im Mittel beträgt der ermittelte Brechungsindex für Glas

$$n_{\text{Glas}} = 1,0001079364890089.$$

**Tabelle 2:** Aufgenommene Messwerte zur Bestimmung des Brechungsindex von Glas, sowie der ermittelte Brechungsindex.

Durchgang	M	$n_{\text{Glas}}$
1	30	1,00009496
2	35	1,00011079
3	36	1,00011395
4	36	1,00011395
5	35	1,00011079
6	35	1,00011079
7	35	1,00011079
8	36	1,00011395
9	31	1,00009812
10	32	1,00010129

### 4.3 Brechungsindex von Luft

Zur Bestimmung des Brechungsindex von Luft wurden die Messwerte, wie in Unterabschnitt 3.5 beschrieben, aufgenommen und mithilfe von Gleichung 4 ermittelt. Die Länge der Gaskammer beträgt  $L = (100 \pm 1) \text{ mm}$  [2] und die aufgenommene Temperatur  $T = 21,1^\circ\text{C}$ . Die aufgenommenen Messwerte sind in Tabelle 3 zu finden. Der durchschnittliche Brechungsindex für jeden Durchgang ist in Tabelle 4 aufgelistet. Für den durchschnittlichen Brechungsindex ohne Haube wurde

$$n_{\text{Luft,ohne}} = 1,0001703 \pm 0,0000017$$

und mit Haube

$$n_{\text{Luft,mit}} = 1,0001622 \pm 0,0000016.$$

**Tabelle 3:** Aufgenommene Messwerte zur Bestimmung des Brechungsindex von Luft.

$p/\text{mbar}$	Durchgänge ohne Haube		Durchgänge mit Haube	
	1	2	3	4
50	4	5	2	2
100	6	7	4	4
150	8	10	7	10
200	10	122	9	12
250	12	14	11	14
300	14	16	13	21
350	17	18	15	23
400	20	20	17	25
450	23	22	19	27
500	25	24	21	29
550	28	26	24	31
600	32	29	26	34
650	36	31	28	36
700	39	33	30	38
750	42	35	32	40
800	44	37	34	42
850	47	39	36	44
900	50	41	38	46
950	54	43	41	48
1000	58	45	42	50

**Tabelle 4:** Der durchschnittliche Brechungsindex von Luft für jeden Durchgang. Durchgang 1 und 2 wurden ohne Haube durchgeführt, Durchgang 3 und 4 mit.

Durchgang	$n_{\text{Glas}}$
1	$1,0001801 \pm 0,0000018$
2	$1,0001605 \pm 0,0000016$
3	$1,0001823 \pm 0,0000018$
4	$1,0001421 \pm 0,0000014$

#### 4.3.1 Lorentz-Lorenz Gesetz

Da der Brechungsindex von Gasen nach dem Lorentz-Lorenz Gesetz auch Druck und Temperatur abhängig ist, wird nach Gleichung 5 eine Ausgleichsrechnung durchgeführt. Die Ausgleichsfunktion hat dabei die Form

$$n = \frac{a}{TR} \cdot p + b.$$

Nach einer Temperaturmessung ergab sich für  $T = 21,1\text{ °C} = 294,25\text{ K}$ ,  $R$  beschreibt die universale Gaskonstante. Die Ausgleichsrechnung wird für alle vier Durchgänge gemacht. Für die Variablen  $a$  und  $b$  ergibt sich somit folgende Werte:

**Tabelle 5:** Die Ergebnisse der Ausgleichsrechnung für die Variablen  $a$  und  $b$  je Durchgang. Durchgang 1 und 2 wurden ohne Haube durchgeführt, Durchgang 3 und 4 mit.

Messung	$a/\text{m}^3/\text{mol}$	$b$
1	$0,00089 \pm 1,70357$	$0,99998 \pm 4,17067$
2	$0,00065 \pm 3,68946$	$1,00002 \pm 9,03250$
3	$0,00076 \pm 2,42896$	$1,00002 \pm 5,94660$
4	$0,00066 \pm 4,15068$	$1,00000 \pm 1,01617$

Die aus den Messwerten berechneten Brechungsindizes und die daraus ermittelten Ausgleichsgraden sind in Abbildung 5 zu finden.

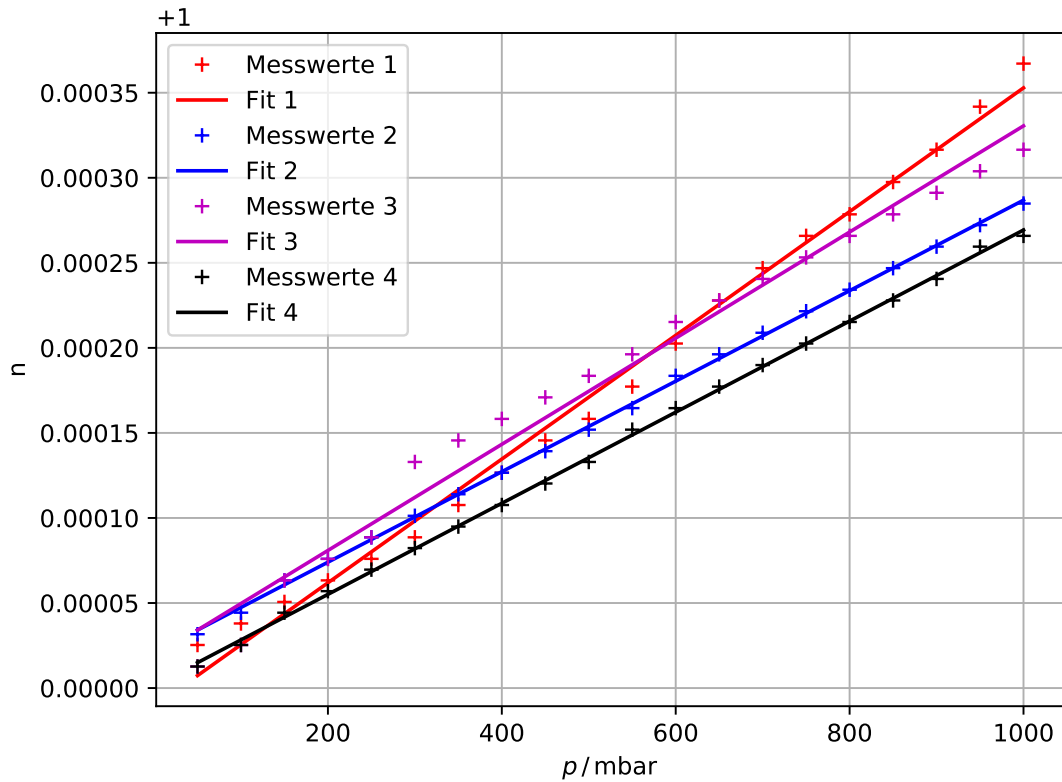
Im Durchschnitt haben die Variablen folgenden Wert:

$$a = 0,000740 \pm 0,000008 \frac{\text{m}^3}{\text{mol}} \quad b = 1,0000075 \pm 0,0000018$$

Nach dem Lorentz-Lorenz Gesetz beträgt der Brechungsindex von Luft mit diesen Werten und bei Normatmosphäre

$$n = 1,0000078 \pm 0,0000018.$$

Dabei ist  $T = 15\text{ °C} = 288,15\text{ K}$  und  $p = 1013\text{ hPa}$ .



**Abbildung 5:** Die aus den aufgenommenen Messwerten bestimmten Brechungsindizes  $n$  für Luft und die Ausgleichsgraden. Messung 1 und 2 wurden ohne Haube durchgeführt, Messung 3 und 4 mit.

## 5 Diskussion

Die aufgenommenen Messwerte und die ermittelten Ergebnisse entsprechen den Erwartungen. Eine Übersicht der ermittelten und der theoretische Werte, sowie die jeweilige Abweichung ist in Tabelle 6 zu finden. Die bestimmten Kontraste folgen der erwarteten Verteilung und es sind keine größeren Abweichungen erkennbar. Die Extrema sind auch wie erwartet bei Vielfachen von  $45^\circ$  zu finden.

Für den Brechungsindex von Glas wurde  $n_{\text{Glas}} = 1,0001079364890089$  bestimmt. Der Theoriewert liegt bei  $n_{\text{Glas, Theo}} = 1,45$  [1]. Der ermittelte Wert hat somit eine Abweichung von 31%.

Bei der Bestimmung des Brechungsindex für Luft wurde die Messung zwei Mal ohne einer Haube und zwei Mal mit einer Haube durchgeführt. Die Haube minimiert Störungen durch Luftschwankungen. Der ermittelte Brechungsindex beim ersten Durchgang beträgt  $n_{\text{Luft, ohne}} = 1,0001703 \pm 0,0000017$  und beim zweiten Durchgang mit der Haube  $n_{\text{Luft, ohne}} = 1,0001622 \pm 0,0000016$ . Der Theoriewert liegt für Luft bei  $n_{\text{Luft, Theo}} = 1,000292$  [1]. Die Abweichung von diesem Theoriewert liegt damit bei

0,01218% bzw. 0,01298%. Beide ermittelten Werte liegen Nahe dem Theoriewert. Die Haube bewirkte also einen sehr kleinen Unterschied. Dennoch zeigt der Vergleich, dass Störungen durch Luftschwankungen einen Unterschied bei der Ermittlung machen. Da der Brechungsindex von Luft im Allgemeinen sehr nah an 1 liegt, können diese Störungen einen relativ starken Einfluss haben.

Auch die aus den Messwerten ermittelten Brechungsindizes für Luft folgen dem Lorentz-Lorenz Gesetz, da keine größeren Abweichungen zwischen den bestimmten Brechungsindizes und den dazugehörigen Ausgleichsgeraden beobachtet werden kann.

**Tabelle 6:** Die ermittelten Brechungsindizes von Glas und Luft im Vergleich zum jeweiligen Theoriewert.

	$n_{\text{Glas}}$	$n_{\text{Luft, ohne Haube}}$	$n_{\text{Luft, mit Haube}}$
Theorie	1,45	$1,0001703 \pm 0,0000017$	$1,0001622 \pm 0,0000016$
Versuch	1,0001079364890089	1,000292	1,000292
Abweichung	31%	0,01218%	0,01298%

## Literatur

- [1] chemie.de. *Brechzahl*. URL: <http://www.chemie.de/lexikon/Brechzahl.html> (besucht am 13.04.2022).
- [2] TU Dortmund. *V64 - Moderne Interferometrie*. 2022.