

V64

Interferometrie

Nicole Schulte
nicole.schulte@udo.edu

Hendrik Bökenkamp
hendrik.boekenkamp@udo.edu

Durchführung: 08.11.2017

Abgabe: 25.11.2017

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1 Ziel	3
2 Theorie	3
2.1 Sagnac-Interferometer	3
2.2 Der Interferenzkontrast und Lichtintensität	4
2.3 Brechungsindizes	5
3 Durchführung	5
3.1 Justierung der Apparatur	5
3.2 Messung des Interferenzkontrastes in Abhängigkeit des Polarisationswinkels .	6
3.3 Messung des Brechungsindex von Glas	6
3.4 Messung des Brechungsindex von Luft	6
4 Auswertung	6
Literatur	7

1 Ziel

Es soll der Interferenzkontrast eines Sagnac-Interferometers ermittelt werden. Außerdem soll mit Hilfe des Sagnac-Interferometers der Brechungsindex von Glas bzw. Luft ermittelt werden.

2 Theorie

2.1 Sagnac-Interferometer

In Abbildung 1 wird der Versuchsaufbau des Sagnac-Interferometers dargestellt.

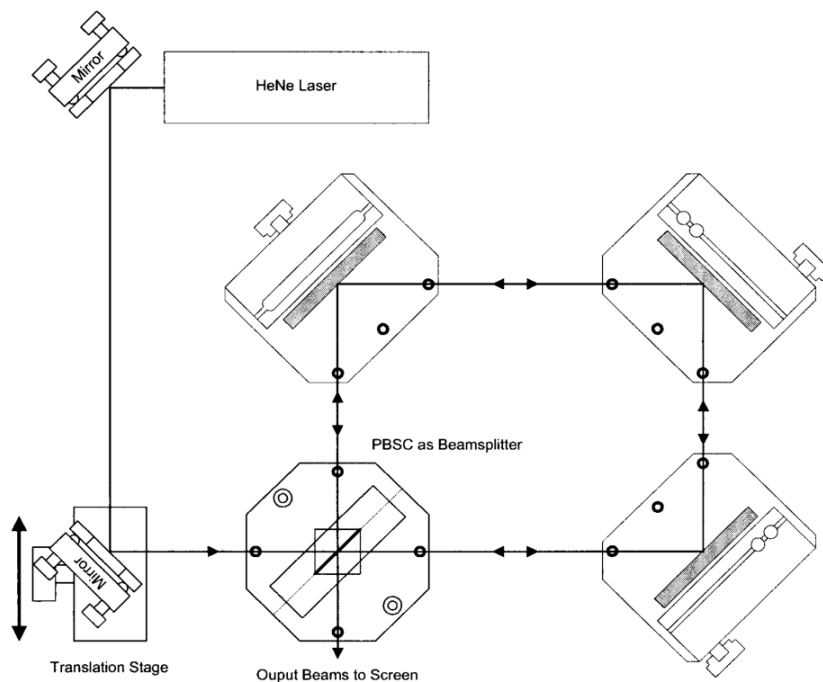


Abbildung 1: Versuchsaufbau des Sagnac-Interferometers.

[1]

Es wird ein HeNe-Laser verwendet, welcher an zwei Spiegeln reflektiert wird und über ein PBSC (Polarizing Beam-Splitter Cube) in zwei Teilstrahlen aufgeteilt wird. Die Laserstrahlen werden in entgegengesetzter Richtung an drei Spiegeln im Rechteck reflektiert und treffen wieder auf den PBSC. Beide Strahlen legen einen näherungsweise gleichen Weg zurück. Dort laufen die Teilstrahlen wieder zusammen, welche miteinander interferieren sollen.

Da die zusammenlaufenden Laserstrahlen genau senkrecht aufeinander linear polarisiert sind, können keine Interferenzen stattfinden. Daher muss der Strahl erneut in seine Komponenten aufgeteilt werden, um diesen auszuwerten. Hierzu wird, wie in Abbildung 2 dargestellt, ein PBSC verwendet, der um einen 45° Winkel gekippt ist. Die beiden Teilstrahlen treffen auf jeweils eine Diode. Die Intensitäten werden als Spannungen auf einem Oszilloskop dargestellt und interpretiert.



Abbildung 2: Nutzung des PBS als Polarisationsstrenner.
[1]

2.2 Der Interferenzkontrast und Lichtintensität

Der Interferenzkontrast ist abhängig von der Lichtintensität je nach Polarisationsrichtung. Der Kontrast ist definiert als

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

Bei Unkenntlichkeit beträgt dieser Null ($I_{max} = I_{min}$) und im Idealfall gilt $K = 1$. Für die Anteile des Strahls gilt

$$\begin{aligned} E_1 &= E_0 \cos(\phi) \cos(\omega t) \\ E_2 &= E_0 \sin(\phi) \cos(\omega t + \delta), \end{aligned}$$

wobei δ die relative Phasenverschiebung der Teilwellen zueinander beschreibt. Für die Intensität der überlagerten Strahlen gilt

$$I \propto |E_1 + E_2|^2.$$

Durch Einsetzen und durch ausnutzen der Relationen

$$\langle \cos^2(\alpha x + y) \rangle = \frac{1}{2}$$

$\delta = 2\pi n, n \in \mathbb{N}_0$, für konstruktive Interferenz und

$\delta = (2n + 2)\pi, n \in \mathbb{N}_0$, für destruktive Interferenz

folgt nach Umformung für konstruktive bzw. destruktive Interferenz

$$I_{max/min} \propto \frac{1}{2} E_0^2 (1 \pm 2 \cos(\phi) \sin(\phi))$$

bzw.

$$I_{max/min} \propto I_0(1 \pm 2 \cos(\phi) \sin(\phi)). \quad (2)$$

Es ergibt sich, dass

$$K \propto |\cos(\phi) \sin(\phi)|.$$

2.3 Brechungsindizes

Allgemein ist der Brechungsindex definiert als

$$n = \frac{c}{v},$$

wobei c die Vakuumlichtgeschwindigkeit und v die Phasengeschwindigkeit des Lichts im Medium ist. Bei gutem Kontrast kann die Anzahl der Maxima durch die Phasenverschiebung eines der Strahlen abgezählt werden. Die Phasenverschiebung kann durch eine Gaszelle, in der der Druck kontinuierlich verändert werden kann, oder durch einen rotierbaren transparenten Festkörper erzeugt werden. Allgemein gilt für die Anzahl der Maxima

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

wobei δ die Phasenverschiebung eines gestörten Strahls gegenüber eines ungestörten Lichtstrahls angibt. Der Brechungsindex von Luft in einer Gaszelle lässt sich mittels der Formel

$$M = \frac{n-1}{\lambda_{vac}}(2L) \quad (3)$$

berechnen, wobei M die Anzahl der Maxima, λ die Wellenlänge und L die Länge der Gaszelle ist. Für den Brechungsindex eines Festkörpers wird eine Halterung für zwei Glasplatten, die in einem Winkel von $\alpha = 20^\circ$ zueinander stehen, verwendet. Der Brechungsindex des transparenten Festkörpers wird mit Hilfe der Formel

$$n = \frac{\alpha\theta D}{\alpha\theta D - M\lambda_{vac}} \quad (4)$$

berechnen, wobei D die Dicke und θ die Rotation der Glasplatten, M die Anzahl der gezählten Maxima und λ_{vac} die Wellenlänge sind.

3 Durchführung

3.1 Justierung der Apparatur

Zunächst muss der Strahlengang des Lasers mit Hilfe von sogenannten "Paddles" justiert werden, sodass beide am ersten PBSC gestreuten Strahlen möglichst den gleichen Weg durchlaufen. Abbildung 1

3.2 Messung des Interferenzkontrastes in Abhängigkeit des Polarisationswinkels

3.3 Messung des Brechungsindex von Glas

3.4 Messung des Brechungsindex von Luft

4 Auswertung

ϕ [°]	U_{\min} [V]	U_{\max} [V]	K
195	1,28	2,70	0,36
180	1,52	1,82	0,09
165	0,76	2,01	0,45
150	0,24	1,70	0,75
135	0,06	1,30	0,91
120	0,10	0,95	0,81
105	0,26	0,82	0,52
90	0,67	0,81	0,09
75	0,47	1,57	0,54
60	0,15	2,66	0,89
45	0,14	3,41	0,92
30	0,54	3,13	0,71
15	1,21	2,75	0,39
0	1,64	1,90	0,07
-15	0,70	2,00	0,48

Tabelle 1: Berechneter Kontrast in Abhängigkeit der Polarisationsrichtung

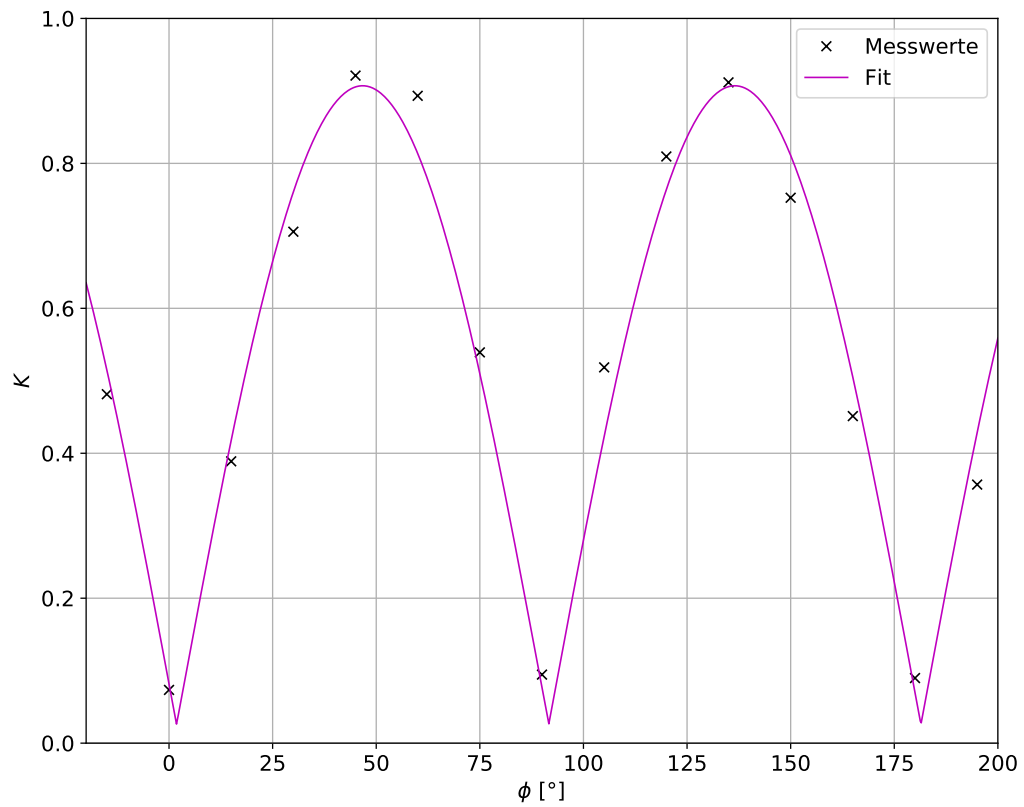


Abbildung 3: Kontrast in Abhängigkeit der Polarisationsrichtung mit Ausgleichsrechnung

Literatur

- (1) T. Dortmund, *Versuch Nr.64: Moderne Interferometrie*, <http://129.217.224.2/HOMEPAGE/PHYSIKER/BACHELOR/FP/SKRIPT/Interferometrie.pdf> (besucht am 2017-11-14).