

Durchführung: 2.05.2018  
Abgabe: XX.XX.2018

---

## PRAKTIKUMSPROTOKOLL V64

# INTERFEROMETRIE

Anneke Reinold<sup>1</sup>,  
Paul-Simon Blumenkamp<sup>2</sup>

---

---

<sup>1</sup>anneke.reinold@tu-dortmund.de

<sup>2</sup>paul-simon.blumenkamp@tu-dortmund.de

# 1 Einleitung

Ziel dieses Versuchs, ist die Bestimmung der Brechungsindizes verschiedener Proben mithilfe der Interferometrie. Hierzu wird ein Sagnac-Interferometer verwendet, welches eine Auflösung und geringe Störungsempfindlichkeit aufweist. Für dieses wird außerdem der Kontrast bestimmt.

## 2 Theorie

### 2.1 Das Sagnac-Interferometer

Der schematische Aufbau eines Sagnac-Interferometers ist in Abb.?? dargestellt. Der von der Lichtquelle stammende Strahl trifft über zwei, zur Strahljustierung genutzte, Spiegel auf einen PBSC. PBSC steht hierbei für Polarizing-Beam-Splitter-Cube, dieser besteht aus zwei Prismen, welche durch ein Dielektrikum verbunden wurden. Der PBSC teilt den Strahl in zwei senkrecht zueinander polarisierte Strahlen, welche orthogonal voneinander aus dem austreten. Durch drei weitere justierbare Spiegel werden die beiden Strahlen auf eine Bahn gebracht, die sie in entgegengesetzter Richtung durchlaufen und welche sie zurück zum PBSC führt. Von dort aus überlagern sich die beiden Teilstrahlen und werden auf einen zweiten um  $45^\circ$  geneigten PBSC gelenkt, welcher diese erneut trennt und auf zwei verschiedene Photodioden bricht.

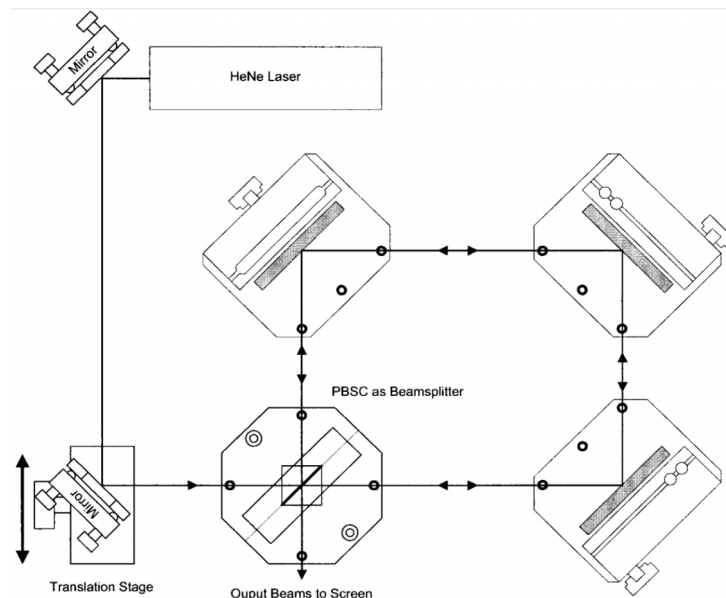


Abbildung 1: Schematische Darstellung ein Sagnac-Interferometers.[1]

Die geringe Störungsempfindlichkeit des Sagnac-Interferometers stammt also daher, dass beide Teilstrahlen den selben Umweltfaktoren ausgesetzt sind.

## 2.2 Kontrast eines Interferometers

Der Kontrast eines Interferometers wird über die Differenz zwischen der höchsten und der niedrigsten gemessenen Lichtintensität definiert. Es gilt:

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

Bei einer perfekten absoluten Auslöschung wäre also ein Kontrast von 1 zu erreichen. Für das Sagnac-Interferometer wird der Kontrast über einen Polarisationsfilter, welcher vor dem ersten PBSC platziert wird optimiert. Zur Herleitung des mathematischen Zusammenhangs zwischen Polarisationswinkel  $\phi$  und Kontrast muss zunächst die Winkelabhängigkeit der Intensität bestimmt werden. Für diese gilt:

$$I \propto \langle |E_1 \cos(\phi) \cos(\omega t) + E_2 \sin(\phi) \cos(\omega t + \delta)|^2 \rangle, \quad (2)$$

wobei  $\langle \dots \rangle$  eine zeitliche Mittelung über eine darstellt und  $E_i$  die Amplitude des elektrischen Felds der jeweiligen Lichtstrahlen bezeichnet. Es lässt sich feststellen, dass:

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

$$\delta_{\text{destruktiv}} = 2\pi$$

$$\delta_{\text{konstruktiv}} = 2\pi n + \pi,$$

wobei  $n$  eine natürliche ganze Zahl ist. Es folgt somit für  $I_{\max/\min}$ :

$$I_{\max/\min} \propto I_{\text{Laser}} (1 \pm 2 \cos(\phi) \sin(\phi)) \quad (3)$$

Hiermit folgt für die Polarisationswinkelabhängigkeit des Kontrasts:

$$K(\phi) = \sin(2\phi) \quad (4)$$

es ist somit leicht zu erkennen, dass der höchste Kontrast bei einem Polarisationswinkel von  $45^\circ$  auftreten sollte.

## 2.3 Brechungsindexbestimmung von Gasen

Die Bestimmung des Brechungsindex von Gasen basiert auf der Tatsache, dass für die Lichtgeschwindigkeit in einem Medium mit Brechungsindex  $n$  gilt:

$$v = \frac{c}{n} \quad (5)$$

Die Veränderung der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts beeinflusst den Wellenvektor gemäß:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda_{\text{vac}}} n \quad (6)$$

Aus diesem Grund erfährt ein Strahl, welcher in ein Medium mit einem veränderten Brechungsindex eintritt, eine Phasenverschiebung gemäß:

$$\delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda_{\text{vac}}}(n - 1)L, \quad (7)$$

wobei  $L$  die in dem Medium durchquerte Strecke bezeichnet. Die entstandene Phasenverschiebung, kann beim Sagnac-Interferometer zu Interferenzeffekten führen. Es lässt sich also aus der Anzahl der

### **3 Durchführung**

### **4 Auswertung**

Die Auswertung, genauer die Fehlerrechnung, die Plots und Ausgleichsrechnung erfolgt mit den Paketen Numpy [5], Uncertainties [4], Matplotlib [2] und Scipy [3] in der Programmiersprache python.

#### 4.1 Fehlerrechnung

#### 4.2 Kontrastmessung

$\phi / ^\circ$	$U_{\max} / \text{mV}$	$U_{\min} / \text{mV}$	$K$
0	1394	1181	0,083
10	1194	769	0,217
20	869	319	0,463
30	744	175	0,619
40	781	94	0,785
50	913	56	0,884
60	744	90	0,784
70	919	131	0,750
80	1147	469	0,420
90	963	650	0,194
110	2250	344	0,735
130	1250	237	0,680
150	2156	375	0,704
170	1594	813	0,324
190	1013	619	0,241
210	819	188	0,627
230	1125	75	0,875
250	1297	187	0,748
270	1138	788	0,182
290	2172	641	0,544
310	3562	125	0,932
330	1781	375	0,652
350	1750	984	0,280

Tabelle 1: Messwerte der Spannungsextrema der Kontrastmessung.

#### 4.3 Brechungsindex der Glasplatten

#### 4.4 Brechungsindex von Luft

### 5 Diskussion

#### Literatur

- [1] TU Dortmund. *Versuchsanleitung zu Versuch 606*. URL: <http://129.217.224.2/HOME PAGE/PHYSIKER/BACHELOR/AP/SKRIPT/V606.pdf> (besucht am 21.04.2018).
- [2] John D. Hunter. „Matplotlib: A 2D Graphics Environment“. Version 1.4.3. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3 (2007), S. 90–95. URL: <http://matplotlib.org/>.

- [3] Eric Jones, Travis E. Oliphant, Pearu Peterson u. a. *SciPy: Open source scientific tools for Python*. Version 0.16.0. URL: <http://www.scipy.org/>.
- [4] Eric O. Lebigot. *Uncertainties: a Python package for calculations with uncertainties*. Version 2.4.6.1. URL: <http://pythonhosted.org/uncertainties/>.
- [5] Travis E. Oliphant. „NumPy: Python for Scientific Computing“. Version 1.9.2. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3 (2007), S. 10–20. URL: <http://www.numpy.org/>.