

VERSUCH 64

Moderne Interferometrie

Katharina Brägelmann
katharina.braegelmann@tu-dortmund.de

Lars Kolk
lars.kolk@tu-dortmund.de

Durchführung: 06.01.2020

Abgabe: 13.01.2020

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1	Zielführung	3
2	Theoretische Grundlagen	3
2.1	Interferenz und Kohärenz	3
3	Aufbau und Durchführung des Versuchs	3
3.1	Grundsätzliches Konzept des Aufbaus	3
3.2	Durchführung	7

1 Zielführung

Das Ziel des Versuchs ist es, ein Sagnac-Interferometer zu justieren und verschiedene Größen damit auszumessen. Zuerst wird der Kontrast des Interferometers untersucht, anschließend werden die Brechungsindices von Glas und von Luft bestimmt.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Interferenz und Kohärenz

Überlagern sich zwei Lichtwellen kann es zur **Interferenz** kommen. Diese äußert sich in destruktiver Interferenz (Auslöschung der Welle, keine Intensität) und konstruktiver Interferenz (Addition der Wellenextrema, verstärkte Intensität). Eine wichtige Bedingung hierfür ist, dass die Wellen die gleiche Wellenlänge haben. Genauer gesagt, für eine länger andauernde, stabile Interferenz, müssen beide Wellen kohärent sein. **Kohärenz** beschreibt den Aspekt, dass die Wellenlänge zweier überlagernder Wellen über die Dauer der Kohärenzzeit gleich ist. Die Kohärenzzeit wiederum ist die Zeit, über die sich die Welle nicht ändert. Die Kohärenzzeit endet, sobald die Lichtquelle einen Phasensprung aussendet oder, seltener, wenn sich die Eigenschaften der Lichtwelle (Wellenlänge, Phase, etc.) der Lichtquelle ändert. Andersherum bedeutet **zeitliche Kohärenz**, dass bei einer ausgekoppelten Teilwelle nach einiger Zeit kohärent zur Ursprungswelle zurückgeführt werden kann. **Räumliche Kohärenz** liegt vor, wenn zwei ausgekoppelte Teilwellen trotz räumlicher Verschiebung miteinander interferieren können. Der **Kohärenzgrad** stellt die Interferenzfähigkeit zweier Wellen dar.

2.2 Polarisation

- was ist das?
- typen der Polarisation
- lineare Polarisation
- Polarisationsfilter / Reflexion / Dielektrika

3 Aufbau und Durchführung des Versuchs

3.1 Grundsätzliches Konzept des Aufbaus

Der grundsätzliche Aufbau des Interferometers ist in Abbildung 1 dargestellt. Der **Helium-Neon-Laser** gibt einen monochromatischen, roten Laserstrahl mit der Wellenlänge $\lambda = 632,990 \text{ nm}$ [**anleitung**] aus. Über zwei Spiegel wird der Strahl durch einen **linearen Polarisationsfilter** zum PBSC (eng. *Polarising Beam Splitter Cube*) umgelenkt (Abb. 3a). Der PBSC (Abb. 2) ist ein Würfel, der durch eine dielektrische Schicht diagonal in zwei Prismen geteilt wird. Die s-polarisierte Komponente des Laserstrahls wird am Dielektrikum reflektiert, die p-polarisierte Komponente wird transmittiert. Die verschiedenen polarisierten Teilstrahlen durchlaufen den Spiegelaufbau des Interferometers nun in

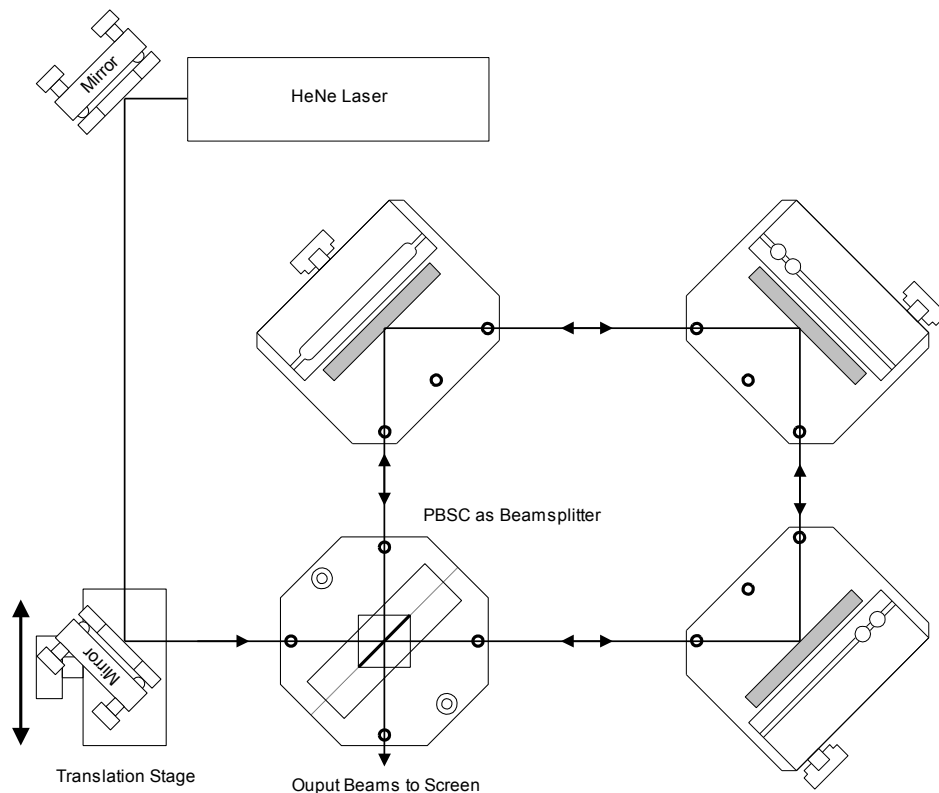


Abb. 1: Der konzeptionelle Aufbau des Interferometers [teachspin].

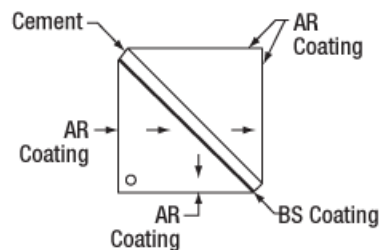
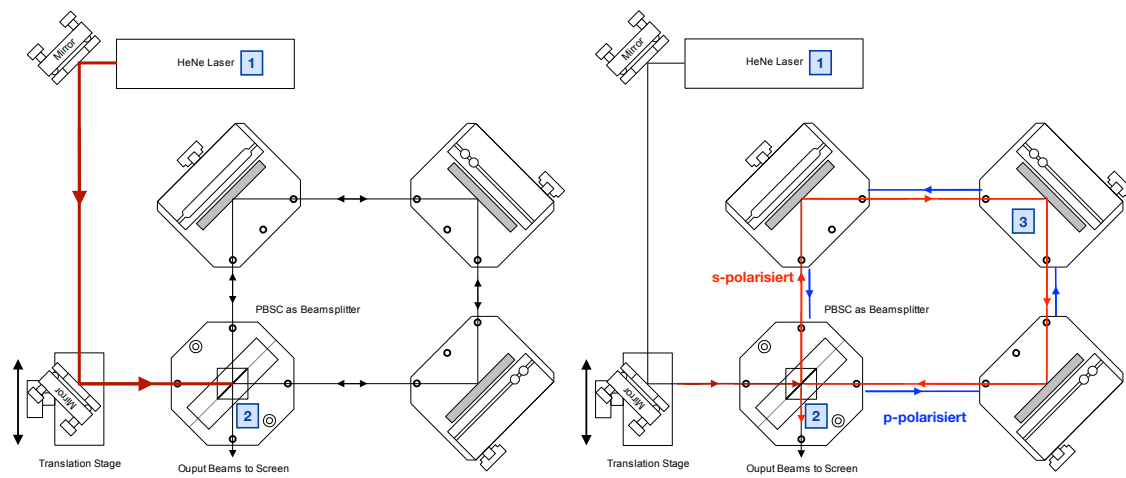


Abb. 2: Prinzip eines *Polarising Beam Splitter Cube* [thorlabs].

gegensätzliche Richtungen (Abb. 3b). Die polarisierten Teilstrahlen werden beim zweiten Durchgang durch den PBSC wieder zu einem Strahl vereinigt. Wird der zweite Spiegel im justierten Aufbau senkrecht zum ersten Polarisationsfilter verschoben, werden die beiden gegenläufigen Strahlen im Interferometer durch die Geometrie des Aufbaus getrennt, laufen aber trotzdem am Ende wieder zu einem Strahl zusammen (Abb. 4). Nach dem Durchgang durch das Interferometer wird, je nach Messung, der Strahl direkt auf einem Schirm abgefangen, oder er läuft weiter durch einen zweiten PBSC, der beide Polarisierungen erneut separiert und auf zwei Photodioden projiziert.



(a) Strahlengang bis zum PBSC ([teachspin], modifiziert). (b) Strahlengänge der verschiedenen Polarisationen bis zum Ausgang des Interferometers ([teachspin], modifiziert).

Zur Veranschaulichung sind die richtungsweisenden Pfeile der beiden Polarisierungen nicht überlappend dargestellt, in Realität und bei optimaler Justage verlaufen beide Strahlengänge zunächst auf der gleichen Linie.

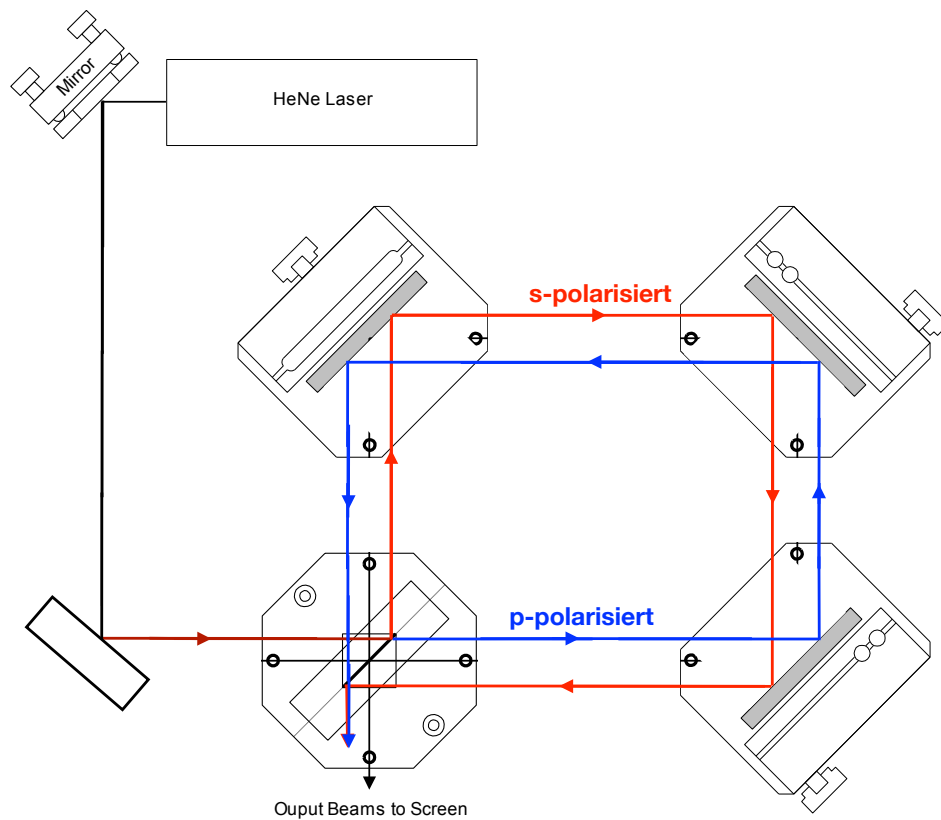


Abb. 4: Strahlengang der separierten Teilstrahlen im Sagnac-Interferometer ([teachspin], modifiziert).

3.2 Durchführung

Justage Zur Justage wird der Strahlengang des Lasers zwischen den einzelnen Komponenten des Interferometers mit zwei Justageplatten (Platten mit Bohrung auf Höhe des Lasers) überprüft. Direkt hinter dem PBSC wird einer der beiden Teilstrahlen unterbrochen, während der Strahlengang des anderen Teilstrahls untersucht wird. Zunächst wird die Ausrichtung und Höhe der Komponenten auf der Bodenplatte angepasst und die Komponenten werden fest geschraubt, so dass der Laser die Bohrungen in etwa trifft. Anschließend wird der genauere Strahlengang verbessert, indem die Spiegel mit Justageschrauben leicht verkippt werden. Trifft der Laser genau durch die Bohrung der Justageplatte, wird der nächste Abschnitt des Strahls überprüft. So wird die Intensität des Lasers am 'Ausgang' des Interferometers maximiert.

Nach dem PBSC wird ein zweiter Polarisationsfilter in den Strahlengang eingebaut. Hinter dem zweiten Polarisationsfilter wird der Laserpunkt auf einem Schirm dargestellt. Hier ist nun ein Punkt mit einem Interferenzmuster aus Linien zu sehen. Mit den Justageschrauben an den Spiegeln wird nun eine Feineinstellung vorgenommen, wobei die Linien aus dem Bild entfernt werden sollen. Nun ist das Interferometer justiert.

Kontrastmessung Der zweite Polarisationsfilter wird aus dem Strahlengang entfernt, und der Strahlengang endet in einer Photodiode, die wiederum an ein Multimeter geschlossen ist. Zur Messung des Kontrastes des Interferometers wird die Polarisation des in den PBSC eingehenden Strahls variiert. Der Polarisationsfilter wird 15 °-Schritten um insgesamt 180 ° gedreht. Mithilfe der Glasplatten, deren Brechungsindex im späteren Versuchsablauf vermessen werden soll, werden durch Verdrehung der Platten im Strahlengang je das Minimum (I_{min}) und das Maximum (I_{max}) der Intensität gesucht und notiert. Diese Messung wird drei Mal wiederholt.

Messung des Brechungsindex von Glas Das Multimeter wird von der Diode abgekoppelt. Beide Dioden werden an ein elektronisches Zählwerk geschlossen. Dieses gibt über einen Operationsverstärker zunächst die Differenzspannung der beiden Dioden aus. Das eigentliche Zählwerk zählt die Nulldurchgänge der Differenzspannung. Die Glasplatten in den Teilstrahlen lassen sich um insgesamt 11 ° verdrehen. Bei fortlaufender Verdrehung durchläuft die Differenzspannung mehrmals die Nulllinie. Die Nulldurchgänge werden vom Zählwerk notiert. Diese Messung wird zehn Mal wiederholt.

Messung des Brechungsindex von Luft Die Glasplatten werden aus dem Strahlengang entfernt. Eine Gaszelle wird in den Strahlengang eingebracht und mithilfe einer Pumpe evakuiert. Anschließend wird der Druck in der Zelle in 50 mbar-Schritten erhöht. Die Nulldurchgänge während des Einlassens des Gases werden mit dem Zählwerk gezählt.