



TU Dresden
Fakultät Physik
Physikalisches Grundpraktikum

Platzanleitung IF2

Mach-Zehnder-Interferometer

Wichtige Hinweise

1. Der im Versuch verwendete Halbleiter-Laser ($\lambda = 532 \text{ nm}$) ist ein Laser der Klasse 2, die Laserstrahlung liegt im sichtbaren Bereich und ist bei kurzzeitiger ($< 0,25 \text{ s}$) auch direkter Bestrahlung für das Auge ungefährlich. Beachten Sie bitte dennoch:
 - Beim Experimentieren mit dem LASER nie direkt oder indirekt (nach Reflexionen) in den Strahl sehen und keine glänzenden Gegenstände in den Laserstrahl bringen.
 - Einschaltzeiten des Lasers so kurz wie möglich halten.
2. Bitte vermeiden Sie unbedingt, die Gläser der Strahlteiler bzw. die Polarisationsfolien mit bloßen Fingern zu berühren!
3. Verlassen Sie den Versuchsplatz bitte so, wie Sie ihn vorgefunden haben.

1 Aufgabenstellung

1.1 Vorversuch

1. Ermitteln Sie mit einem der vorhandenen Polarisatoren die Polarisations-eigenschaften des von der Laserdiode emittierten Lichtes.
2. Analysieren Sie die Polarisation des von den Spiegeln S_1/S_2 reflektierten Lichtes sowie des von den Strahlteilern T_1/T_2 reflektierten und transmittierten Lichtes in Abhängigkeit von der Polarisation des einfallenden Lichtes.

Hinweis: Stellen Sie die Polarisatoren P_1 vor und P_2/P_3 nach den jeweiligen optischen Komponenten auf. Variieren Sie die Orientierungen von P_1 im Bereich $[0^\circ, 90^\circ]$ in 30° -Schritten und messen Sie die Orientierungen von P_2 bzw. P_3 , die zu einer Extinktion des reflektierten (45° Einfallswinkel) bzw. transmittierten Strahles führen. Bestimmen Sie daraus die Winkelpaare für maximale Intensität und stellen Sie diese grafisch dar.

Was können Sie qualitativ zum Grad der Extinktionen nach Reflexion/Transmission beobachten im Vergleich zur Resttransmission durch zwei zueinander orthogonale Polarisatoren. Was schließen Sie daraus?

1.2 Aufbau und Justage des Mach-Zehnder-Interferometers

Bauen Sie das MZI auf, indem Sie die Schritte in der Versuchsanleitung ab Seite 10 durcharbeiten. Achten Sie auf Parallelität bzw. Orthogonalität der Teilstrahlen. Bei der Feinjustierung sind nur der Spiegel S_1 und Strahlteiler T_2 zu verstellen mit dem Ziel, dass die Teilstrahlen auf dem Strahlteiler T_2 und auf den Schirmen zur Deckung kommen. Beobachten Sie die Interferenzfiguren mit Aufweitungslinsen vor und nach dem MZI. Wenn Sie die Justageschritte mit entsprechender Genauigkeit durchgeführt haben, sollte im ersten Fall ein Ringmuster zu beobachten sein.

1.3 Brechungsindex von Luft und Plexiglas

1. In einen Strahl des Interferometers wird eine evakuierbare Küvette eingebracht. Der Innenabstand zwischen Ein- und Austrittsfenster beträgt $d = (40,0 \pm 0,5)$ mm. Diese kann evakuiert und schrittweise wieder mit Luft gefüllt werden. Informationen zur Druckregelung und zum Vakuumsystem entnehmen Sie bitte der Platzanleitung für den Versuch IF.

Bei beiden Vorgängen werden nach Gleichung (1) m Streifendurchläufe (hell-dunkel-hell) gezählt, die der Brechzahldifferenz proportional sind (vgl. Anleitung IF):

$$\delta = m\lambda = d\Delta n = d(n - 1) \quad \text{d.h.} \quad n = 1 + \frac{m\lambda}{d}. \quad (1)$$

Korrektur des Brechungsindex von Luft Die Messung wird bei der Temperatur T und dem Druck p durchgeführt: $n(p, T) = 1 + \frac{m\lambda}{d}$. Die Korrektur auf Normalbedingungen ($p_0 = 1013$ mbar; $T_0 = 273$ K) erfolgt anhand der Zustandsgleichung idealer Gase (vgl. Anhang der Anleitung für IF):

$$n(0) = 1 + \frac{m\lambda}{d} \cdot \frac{p_0}{p} \frac{T}{T_0}. \quad (2)$$

2. Mit dem Mach-Zehnder Interferometer wird der Brechungsindex n einer transparenten planparallelen Platte bestimmt. Zur Messung wird diese Platte zunächst in einen Arm des Interferometers senkrecht zum Strahl gebracht.

Wird diese Platte anschließend sorgfältig gegen den Strahl gedreht, vergrößert sich der optische Weg in diesem Arm, was eine Änderung des Interferenzmusters bewirkt. Aus der Anzahl der hell-dunkel-hell-Durchgänge N , der Plattendicke D und dem genau gemessenen Drehwinkel α kann der Brechungsindex n berechnet werden (vgl. Anhang der Anleitung für IF).

$$n = \frac{\sin^2 \alpha + \left(\frac{N\lambda}{D} + \cos \alpha - 1\right)^2}{2\left(1 - \cos \alpha - \frac{N\lambda}{D}\right)}. \quad (3)$$

Die Dicken der vorliegenden Platten betragen laut Hersteller $D = (8,50 \pm 0,05)$ mm bzw. $D = (12,00 \pm 0,05)$ mm. Beachten Sie die kleinste Skalenteilung des Goniometers von 5 Winkelminuten.

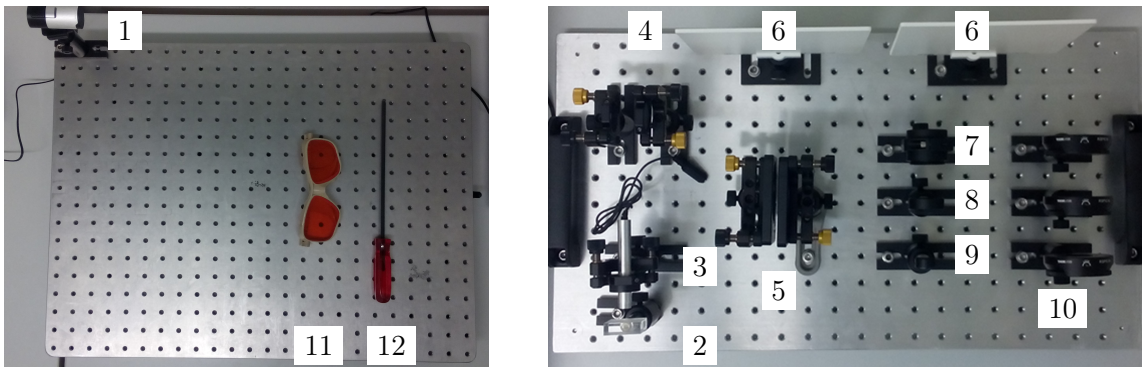
1.4 Interferenzen mit polarisiertem Licht

1. Bringen Sie die Polarisationsfilter P_1 und P_2 in den Strahlengang und beobachten Sie die Interferenzen in Abhängigkeit von der relativen Polarisierung der Teilstrahlen. Nutzen Sie die Aufweitungslinse am Ausgang des Interferometers und ermitteln Sie die Winkeleinstellungen an P_2 für maximalen und minimalen Interferenzstreifenkontrast.
2. Stellen Sie den zweiten Polarisationsfilter so ein, dass die Interferenzstreifen auf dem Schirm verschwinden. Nun bringen Sie einen dritten Polarisationsfilter zwischen Aufweitungslinse und Schirm. Bei welchen Winkeleinstellungen des dritten Polarisators erhalten Sie maximalen bzw. minimalen Streifenkontrast. Interpretieren Sie die Messergebnisse einerseits mit klassischer Elektrodynamik und andererseits im Sinne eines Analogieexperiments zum „Quantenradierer“.
3. Entfernen Sie wieder den Polarisator P_3 und bringen Sie einen Quarzkristall mit definierter Dicke nach P_1 als optisch aktives Material in den Strahlengang und bestimmen Sie in gleicher

Weise die Winkel von P_2 für maximalen und minimalen Interferenzstreifenkontrast. Bestimmen Sie anhand der Messungen den Drehwinkel der Polarisationssebene nach Durchlauf durch das optisch aktive Medium.

2 Aufbau der Arbeitsplätze

Die Komponenten befinden sich auf einer Lochrasterplatte neben dem NEXUS-Breadboard und sind wie folgt angeordnet:



Nummer	Bezeichnung
1	Webcam (nicht relevant für IF2)
2	Justage-Hilfe mit mm-Skala
3	Laser
4	Spiegel S_1 / S_2
5	Strahlteiler T_1 / T_2 (mit Magnetfuß)
6	Schirme
7	Quarzkristall (optisch aktiv)
8	Sammellinse ($f = 75$ mm)
9	Sammellinse ($f = 10$ mm)
10	Polarisatoren (PVA-Folie) mit Winkelskala
11	Schutzbrille
12	M6 - Sechskantschraubenzieher
	nicht im Bild: Goniometer mit Halterung für Plexiglasplatte

Dokumentieren Sie ausführlich Ihre Beobachtungen und Messergebnisse.

Nach dem Ende dieses Versuchs ist der oben gezeigte Zustand der Versuchsplätze wieder herzustellen !