

Interferenz am Fresnelspiegel mit einem He-Ne-Laser

Versuchsziele

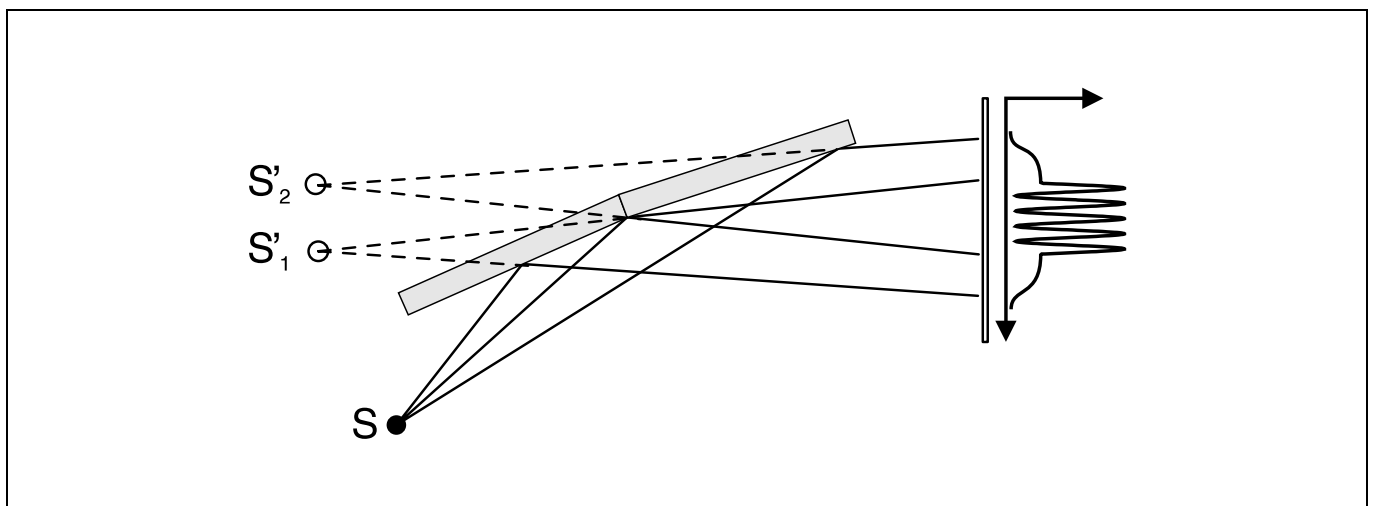
- Erzeugung zweier virtueller, kohärenter Lichtquellen durch Spiegelung einer punktförmigen Lichtquelle an einem Fresnelspiegel
- Beobachtung der Interferenz der beiden virtuellen Lichtquellen
- Messung des Abstandes d der Interferenzstreifen
- Erzeugung der Projektionsbilder der virtuellen Lichtquellen
- Messung des Abstandes A der Projektionsbilder
- Bestimmung der Wellenlänge λ von He-Ne-Laserlicht aus dem Abstand d der Interferenzstreifen, dem Abstand A der Projektionsbilder der virtuellen Lichtquellen und den geometrischen Abmessungen des Aufbaus

Grundlagen

Der Fresnelspiegel besteht aus zwei leicht gegeneinander geneigten Planspiegeln. Eine sich darin spiegelnde punktförmige Lichtquelle S erscheint durch die Spiegelung als ein Paar eng benachbarter, virtueller Lichtquellen S_1' und S_2' , die aufgrund ihrer Kohärenz miteinander interferieren. Damit ist das Problem umgangen, daß zwei getrennte Lichtquellen infolge ihrer Inkohärenz keine Interferenz ergeben. Aus einer einzigen Lichtquelle werden durch Spiegelung zwei virtuelle, kohärente Lichtquellen erzeugt. Das vom Fresnelspiegel reflektierte Licht ist von einem System paralleler Interferenzstreifen durchzogen.

Im Versuch ist die Lichtquelle S mit dem Brennpunkt einer Linse identisch, die zur Aufweitung eines Laserstrahls dient. Zur Bestimmung der Wellenlänge λ des verwendeten He-Ne-Laserlichts mißt man zunächst den Abstand d zwischen zwei Intensitätsmaxima. Anschließend werden die beiden virtuellen

Lichtquellen S_1' und S_2' durch eine zweite Linse auf den Beobachtungsschirm abgebildet und der Abstand A der Projektionsbilder gemessen. Da zusätzlich die geometrischen Abmessungen des Aufbaus bekannt sind, kann daraus der Abstand a der virtuellen Lichtquellen bestimmt werden.



Geräte

1 He-Ne-Laser, linear polarisiert	471 840
bzw.	
1 He-Ne-Laser 0,2/1mW	471 83
1 Fresnel-Spiegel, justierbar	471 05
1 Linse, f = 5 mm	460 01
1 Linse, f = 200 mm	460 04
1 Optische Bank mit Normalprofil, 1 m	460 32
3 Optikreiter, Höhe: 60 mm-Breite: 36 mm	460 353
1 Optikreiter, Höhe: 60 mm-Breite: 50 mm	460 351
1 Durchscheinender Schirm	441 53
1 Sockel	300 11
1 Meßschieber	311 52
1 Rollbandmaß, 2 m	311 77

Für einen großen Abstand L zwischen Lichtquelle und Beobachtungsschirm berechnet man die Wellenlänge λ des verwendeten Lichts wie folgt aus den Größen a und d :

Man betrachtet zwei kohärente Wellen, die von S_1' und S_2' in der Richtung ϑ ausgehen und sich im Abstand L wieder vereinigen (siehe Fig. 1 oben). ϑ ist die Richtung des n . Intensitätsmaximums, wenn für den Gangunterschied

$$\Delta s = a \cdot \sin \vartheta$$

der beiden Wellen gilt

$$\Delta s = n \cdot \lambda.$$

Für den Abstand D_n zwischen dem 0. und dem n . Maximum gilt der geometrische Zusammenhang

$$\tan \vartheta = \frac{D_n}{L}$$

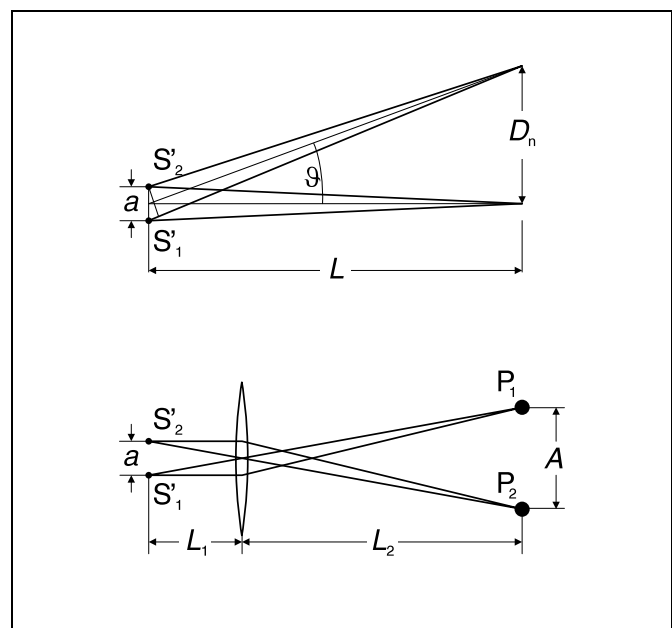
Für große Abstände L ist $\sin \vartheta \approx \tan \vartheta$, und man erhält

$$\lambda = a \cdot \frac{D_n}{n \cdot L} = a \cdot \frac{d}{L} \tag{I}$$

Der Abstand a der virtuellen Lichtquellen voneinander wird aus ihrem Abstand A im Projektionsbild bestimmt. Aus der Geometrie der Anordnung (siehe Fig. 1 unten) ergibt sich die Beziehung:

$$a = A \cdot \frac{L_1}{L_2} \tag{II}$$

Fig. 1: oben: Strahlengang ohne 200 mm-Linse zur Zweistrahlinterferenz
unten: Strahlengang zur Projektion der virtuellen Lichtquellen mit einer 200 mm-Linse auf den Beobachtungsschirm



Sicherheitshinweis

Der He-Ne-Laser genügt den „Sicherheitstechnischen Anforderungen für Lehr-, Lern- und Ausbildungsmittel – Laser; DIN 58126 Teil 6“ für Laser der Klasse 2. Bei Beachtung der entsprechenden Hinweise in der Gebrauchsanweisung ist das Experimentieren mit dem He-Ne-Laser ungefährlich.

- Nicht in den direkten oder reflektierten Laserstrahl blicken!
- Überschreiten der Blendungsgrenze vermeiden (d.h. kein Beobachter darf sich geblendet fühlen)!

Aufbau

Hinweis:

Durch Beugung des Laserlichts an der Außenkante des Fresnelspiegels können unerwünschte Beugungsmuster auf dem Beobachtungsschirm erzeugt werden, die leicht mit dem gewünschten Interferenzmuster verwechselt werden. Man erkennt sie u. a. daran, daß ihre Lage nicht von der Neigung der Teilspiegel zueinander abhängt.

Vor jeder Messung Neigung der Teilspiegel zueinander mit der Rändelschraube (3) verändern und überprüfen, ob sich dabei auch die Abstände der Interferenzstreifen verändern.

Der Versuchsaufbau ist in Fig. 2 dargestellt, die Position des linken Randes der Optikreiter ist dort in cm angegeben.

- Optikreiter gemäß Positionsangabe auf der optischen Bank fixieren und durchscheinenden Schirm auf Sockel in mindestens 2 m Entfernung in die optische Achse stellen.
- Laser und 5-mm-Linse (1) so auf den Optikreitern justieren, daß das Zentrum des aufgeweiteten Laserstrahls parallel zur optischen Bank verläuft; Strahlengang ggf. mit einem Stück Papier verfolgen.
- 200-mm-Linse (2) so einbauen, daß der durchscheinende Schirm beleuchtet wird.
- bei der Montage des Fresnelspiegels darauf achten, daß der aufgeweitete Laserstrahl auf die Trennkanten der beiden Spiegelhälften fällt; dabei den Spiegel nur sehr leicht neigen, damit der Laserstrahl den Spiegel nur streift und das gespiegelte Licht nahezu parallel zur optischen Bank verläuft; senkrechte Verschiebemöglichkeit zur optischen Achse mit der Rändelschraube (4) ausnutzen und sicherstellen, daß das gespiegelte Licht noch möglichst zentral durch die Linse (2) fällt.
- Linse (2) justieren (ggf. Reiter auf der optischen Bank entsprechend verschieben), bis beide virtuelle Lichtquellen scharf auf dem durchscheinenden Schirm abgebildet werden.

Laserlicht, das am Fresnelspiegel vorbeiläuft, erzeugt einen dritten Lichtfleck auf dem Schirm links von den beiden Projektionsbildern. Das Experiment wird dadurch nicht beeinflusst.

- mit der Rändelschraube (3) Abstand A der beiden Projektionsbilder bei ca. 2 m entferntem Schirm auf etwa 5 mm einstellen.

Durchführung

a) Interferenz der beiden virtuellen Lichtquellen:

- Linse (2) aus dem Optikreiter entfernen.
- mit der Rändelschraube (3) kontrastreiches Interferenzmuster einstellen; evtl. weißes Papier vor den Schirm halten.

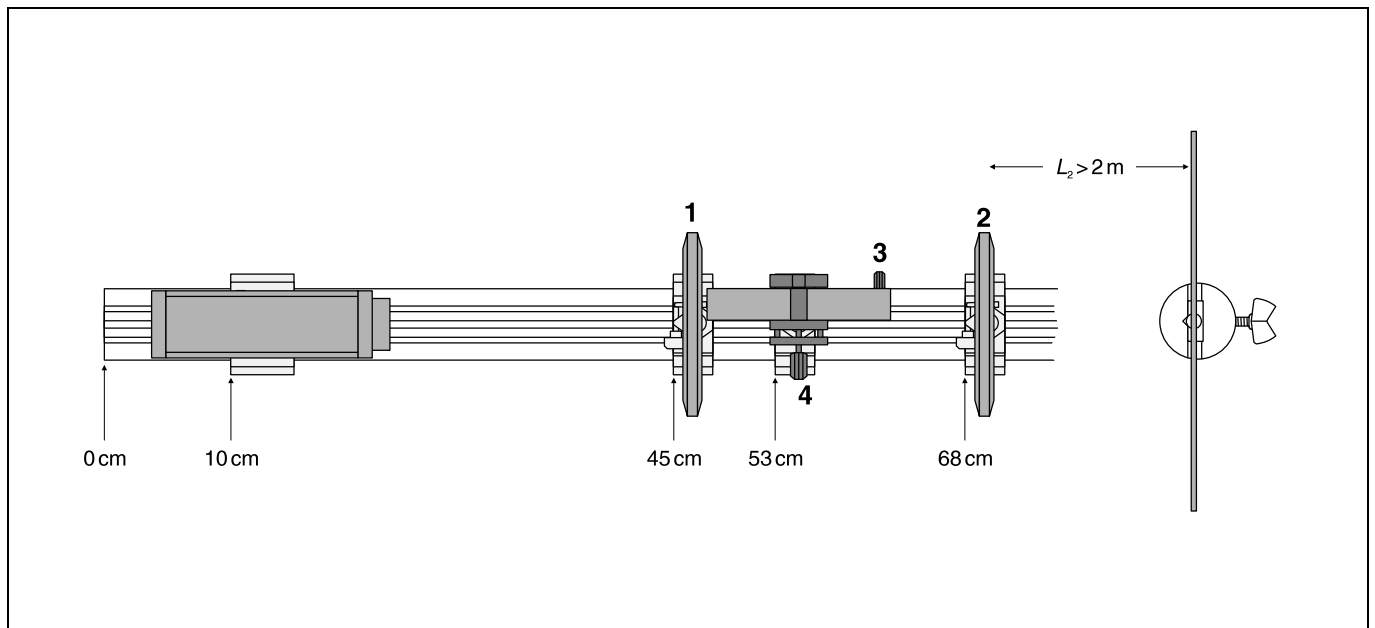
Falls durch Beugung an der vorderen Außenkante des Fresnelspiegels ein zusätzliches störendes Interferenzmuster entsteht:

- Fresnelspiegel mit Rändelschraube (4) so weit verschieben, daß der divergente Laserstrahl nicht auf die Außenkante fällt.
- Streifenabstand d mit dem Meßschieber messen und notieren.

b) Projektion der virtuellen Lichtquellen:

- Linse (2) einbauen und ggf. nachjustieren, um eine scharfe Abbildung der virtuellen Punktlichtquellen zu erhalten; deren Abstand A mit dem Meßschieber messen und notieren.
- Abstand L_0 zwischen Linse (2) und Linse (1) auf der Skala der optischen Bank ablesen und notieren.
- mit dem Rollbandmaß Abstand L_2 zwischen Projektionsbild und Linse (2) messen und notieren.
- ggf. Linse wieder entfernen, neues Interferenzmuster einstellen und Messungen wiederholen.

Fig. 2: Versuchsaufbau auf der optischen Bank mit Positionsangabe für den linken Rand der optischen Reiter



Meßbeispiel

$d = 3,9 \text{ mm}$
 $A = 4,3 \text{ mm}$
 $L_0 = 22,7 \text{ cm}$
 $L_2 = 230,5 \text{ cm}$

Auswertung

Die Punktlichtquelle befindet sich im Brennpunkt der 5-mm-Linse, folglich ist $L_1 = L_0 - 5 \text{ mm}$. Für den Abstand L zwischen den Lichtquellen und der Projektionswand gilt $L = L_1 + L_2$. Mit (I) und (II) berechnet man zunächst $a = 0,41 \text{ mm}$ und daraus für die Wellenlänge des verwendeten Laserlichts $\lambda = 640 \text{ nm}$ in guter Übereinstimmung mit dem Literaturwert $\lambda_{\text{HeNe}} = 632,8 \text{ nm}$.

Ergebnis

Das mit einem Fresnelspiegel erzeugte Interferenzmuster ist durch Interferenz zweier Lichtbündel erklärbar.

Durch Spiegelung einer punktförmigen Lichtquelle in einem Fresnelspiegel entstehen also zwei virtuelle Lichtquellen, die aufgrund ihrer Kohärenz miteinander interferieren.