



# Fresnel'sches Biprisma

### ERZEUGUNG VON ZWEISTRAHLINTERFERENZ MIT EINEM FRESNEL'SCHEN BIPRISMA

- Nutzung eines Fresnel'schen Biprismas zur Erzeugung zweier virtueller, kohärenter Lichtquellen aus einer punktförmigen Lichtquelle.
- Beobachtung der Zweistrahlinterferenz der beiden virtuellen Lichtquellen.
- Bestimmung der Wellenlänge eines He-Ne-Laserlichts aus dem Abstand der Interferenzstreifen.

UE4030300 10/15 MEC/UD



Fig. 1: Messanordnung.

### ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

In einem seiner Interferenzexperimente verwendete August Jean Fresnel ein Biprisma zur Erzeugung von Zweistrahlinterferenz. Er zerlegte ein divergentes Lichtbündel durch Brechung am Biprisma in zwei Teilbündel, die zwei kohärenten Lichtquellen zu entstammen scheinen und deshalb miteinander interferieren. Auf einem Beobachtungsschirm konnte er eine Serie von Intensitätsmaxima im konstanten Abstand beobachten.

Ob ein Intensitätsmaximum entsteht, hängt vom Gangunterschied  $\Delta$  zwischen optischen Wegen der Teilbündel ab. Bei großer Entfernung L der Lichtquelle zum Beobachtungsschirm ist in guter Näherung

$$(1) \quad \Delta = A \cdot \frac{x}{L} \ .$$

Dabei ist x die Koordinate des betrachteten Punktes auf dem Beobachtungsschirm senkrecht zur Symmetrieachse und A der noch zu ermittelnde Abstand der beiden virtuellen Lichtquellen. Intensitätsmaxima treten genau dann auf, wenn der Gangunterschied ein Vielfaches der Wellenlänge  $\lambda$  ist:

(2) 
$$\Delta_n = n \cdot \lambda$$
, mit  $n = 0, 1, 2, ...$ 

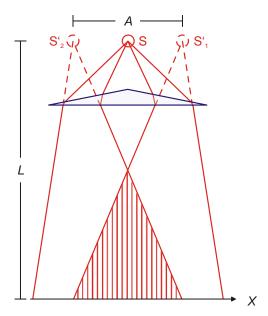


Fig. 2: Schematische Darstellung des Strahlengangs am Biprisma.

Ein Vergleich von (1) und (2) zeigt, dass die Intensitätsmaxima auf den Koordinaten

(3) 
$$x_n = n \cdot D$$

liegen und den konstanten Abstand D aufweisen. Außerdem gilt der Zusammenhang

(4) 
$$\lambda = A \cdot \frac{D}{L}$$
.

Gleichung (4) kann als Bestimmungsgleichung für die Wellenlänge  $\lambda$  des verwendeten Lichts betrachtet werden. Sie gilt bei Zweistrahlinterferenz grundsätzlich.

Allerdings ist zunächst noch offen, wie der Abstand A der beiden virtuellen Lichtquellen gemessen werden kann. Hier hilft ein einfacher optischer Aufbau weiter, in dem die beiden Lichtquellen mit Hilfe einer Sammellinse auf dem Beobachtungsschirm abgebildet werden und der Abstand B der Bilder dieser Lichtquellen gemessen wird (siehe Fig. 3). Es gilt:

$$(5) \quad A = B \cdot \frac{a}{b}$$

a: Gegenstandsweite, b: Bildweite.

# **GERÄTELISTE**

1	Biprisma nach Fresnel	U14053	1008652
1	Prismentisch auf Stiel	U17020	1003019
1	He-Ne-Laser	U21840	1003165
1	achromatisches Objektiv 10x / 0,25	W30614	1005408
1	Sammellinse auf Stiel f = 200 mm	U17104	1003025
3	Optikreiter D, 90/50	U103111	1002635
1	Optische Bank D, 50 cm	U10302	1002630
1	Projektionsschirm	U17130	1000608
1	Tonnenfuß, 1000 g	U13265	1002834
1	Taschenbandmaß, 2 m	U10073	1002603

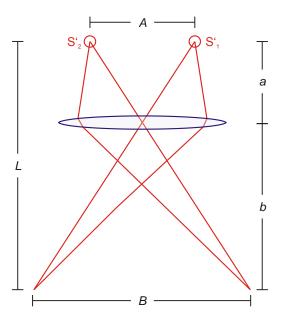


Fig. 3 Strahlengang zur Abbildung der beiden virtuellen Lichtquellen auf dem Schirm.

#### Zusätzlich erforderlich:

- 1 Bogen Millimeterpapier ca. 20 x 30 cm<sup>2</sup>
- 1 Bleistift

#### SICHERHEITSHINWEISE

Der He-Ne-Laser, U21840 (1003165) emittiert sichtbare Strahlung mit einer Wellenlänge von 630-680 nm bei einer max. Austrittsleistung unter 1 mW und entspricht somit den Bestimmungen zur Klasse 2 der DIN EN 60825-1 "Sicherheit von Lasereinrichtungen". D.h. der Schutz des menschlichen Auges wird üblicherweise durch Abwendungsreaktionen einschließlich des Lidschlussreflexes bewirkt.

- Nicht in den direkten oder reflektierten Laserstrahl blicken.
- Laser nur von befugten und unterwiesenen Personen betreiben lassen.
- Alle am Experiment beteiligten und beobachtenden Personen über die Gefahren der Laserstrahlung und die erforderlichen Schutzmaßnahmen unterrichten.
- Versuche nur mit der jeweils geringsten notwendigen Strahlungsleistung durchführen.
- Strahlengang so ausrichten, dass er nicht in Augenhöhe verläuft.
- Laserbereich durch Abschirmung auf das notwendige Maß begrenzen, unbeabsichtigte Reflexionen vermeiden.
- Räume, in denen mit Laserlicht experimentiert wird, durch Warnschilder kennzeichnen.
- In Deutschland Unfallverhütungsvorschriften BGV B2 "Laserstrahlung" und ggf. Verordnungen der Kultusminister, in anderen Ländern jeweils gültige Vorschriften, beachten.

Schlüssel sorgfältig aufbewahren und gegen Zugriff Unbefugter schützen.

Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch ist der sichere Betrieb des He-Ne-Lasers gewährleistet. Die Sicherheit ist jedoch nicht garantiert, wenn der Ne-He-Laser unsachgemäß bedient oder unachtsam behandelt wird. Wenn anzunehmen ist, dass ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist, Ne-He-Laser unverzüglich außer Betrieb setzen (z.B. bei sichtbaren Schäden).

- Vor Inbetriebnahme das Gehäuse auf Beschädigungen untersuchen. Bei Funktionsstörungen oder sichtbaren Schäden He-Ne-Laser außer Betrieb setzen und gegen unbeabsichtigten Betrieb sichern.
- Gehäuse wegen der im Innern anliegenden, u. U. lebensgefährlichen Betriebs- und Zündspannung unter keinen Umständen öffnen.

### **AUFBAU**

- Den Aufbau gemäß Fig. 4 zunächst ohne die Sammellinse f = 200 mm realisieren.
- Den Schirm in einem Abstand > 4 m hinter der optischen Bank aufstellen und das Millimeterpapier auf dem Schirm befestigen.
- Zur Aufweitung des Laserstrahls das achromatische Objektiv auf die Strahlaustrittsöffnung des Lasers schrauben.
- Das Biprisma mittig auf dem Prismenstisch positionieren und mit der Klemmfeder fixieren.

#### Hinweis:

 Das Biprisma vorsichtig behandeln, da es aus zerbrechlichem Glas ist.

- Den Laser so justieren, dass der Laserstrahl genau mittig auf das Biprisma trifft und Interferenzstreifen auf dem Schirm beobachtet werden.
- Ggf. den Laser durch leichte Drehung nach links oder rechts so feinjustieren, dass das Interferenzmuster bzgl. des zentralen Intensitätsmaximums symmetrisch auf dem Schirm erscheint.

# DURCHFÜHRUNG

### Beobachtung der Interferenz

- Durch Verschieben des Prismentisches entlang der optischen Achse die Gegenstandsweite verkleinern und vergrößern und die Interferenzstreifen auf dem Schirm beobachten.
- Die Gegenstandsweite so wählen, dass jeweils mindestens fünf Interferenzstreifen links und rechts des zentralen Intensitätsmaximums gut zu erkennen sind. Position des Prismentischs nicht mehr verändern.

#### Abstand der Intensitätsminima

#### Hinweis:

Aufgrund des Hell-Dunkel-Kontrasts ist es leichter, den Abstand der Intensitätsminima statt der Intensitätsmaxima zu bestimmen.

- Mit einem Bleistift jeweils die Orte x<sub>n+1/2</sub> (n = 0, 1, 2, ...) minimaler Lichtintensität des Interferenzmusters auf dem Milimeterpapier bis zur 5. Ordnung markieren (Fig. 5).
- Die Abstände  $D_n = x_{n+1/2} x_{n-1/2}$  je zweier benachbarter Intensitätsminima messen.

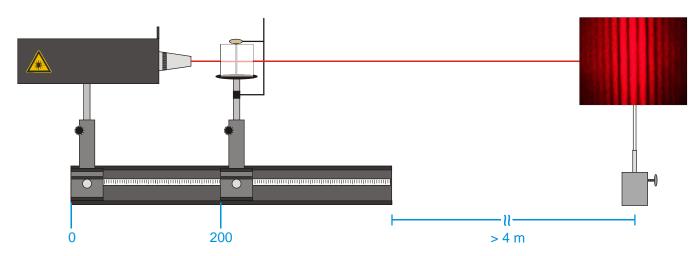


Fig. 4: Skizze der Messanordnung.

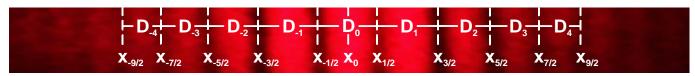


Fig. 5: Orte  $x_{n+1/2}$  minimaler Lichtintensität des Interferenzmusters und Abstände  $D_n = x_{n+1/2} - x_{n-1/2}$  je zweier benachbarter Intensitätsminima.

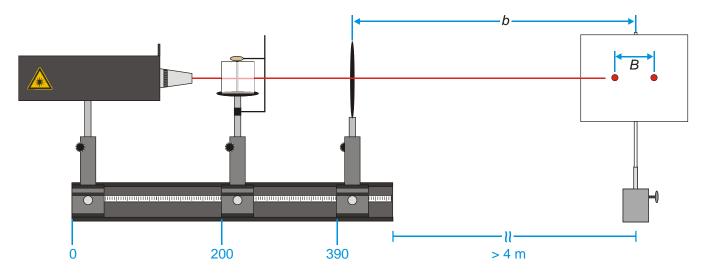


Fig. 6: Aufbau mit Sammellinse zur Bestimmung des Abstands A der beiden virtuellen Lichtquellen aus dem Abstand B der Bilder der beiden virtuellen Lichtquellen und der Bildweite b (siehe Fig. 3).

#### Abstand der Bilder der beiden virtuellen Lichtquellen

- Die Sammelinse f = 200 mm auf der 390-mm-Marke der optischen Bank positionieren (siehe Fig. 6).
- Die Linse verschieben bis zwei helle Lichtpunkte scharf auf dem Schirm zu sehen sind.

#### Hinweis:

Die hellen Lichtpunkte sind die Bilder der beiden virtuellen Lichtquellen. Zur besseren Beobachtung ggf. die Strahlleistung des Lasers abschwächen.

- Die Bilder der beiden virtuellen Lichtquellen mit dem Bleistift auf dem Schirm markieren.
- Den Abstand B zwischen den Bildern der beiden virtuellen Lichtquellen und die Bildweite b messen.

# **MESSBEISPIEL**

Abstand der Intensitätsminima D, gemittelt: 8,1 mm

Abstand der Bilder der beiden virtuellen Lichtquellen B:

Bildweite b: 4480 mm

Brennweite der Sammellinse f. 200 mm

### **AUSWERTUNG**

Das Interferenzmuster auf dem Schirm besteht aus vertikalen Interferenzstreifen. Der relative Abstand *D* der Interferenzstreifen zueinander wird kleiner, wenn der Abstand des Biprismas zum Laser vergrößert wird, weil sich dadurch der Abstand A zwischen den virtuellen Lichtquellen vergrößert.

Die Position des Lasers (der Lichtquelle) und somit auch die Gegenstandsweite a sind nicht genau bekannt. Sie muss daher mit Hilfe des Abbildungsgesetzes aus der Brennweite f der Sammellinse und der gemessenen Bildweite b bestimmt werden:

(6) 
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \Rightarrow$$

$$a = \frac{f \cdot b}{b - f} = \frac{200 \text{ mm} \cdot 4480 \text{ mm}}{4480 \text{ mm} - 200 \text{ mm}} = 209 \text{ mm}$$

Einsetzen von a aus Gleichung (6) in Gleichung (5) ergibt:

(7) 
$$A = a \cdot \frac{B}{b} = \frac{f \cdot B}{b - f} = \frac{200 \text{ mm} \cdot 7.7 \text{ mm}}{4480 \text{ mm} - 200 \text{ mm}} = 0.36 \text{ mm}.$$

Der Abstand zwischen Lichtquelle und Beobachtungsebene L ergibt sich aus a und b zu:

(8) 
$$L = a + b = 209 \text{ mm} + 4480 \text{ mm} = 4689 \text{ mm}$$
.

Für die Wellenlänge  $\lambda$  folgt schließlich aus Gleichung (4):

(9) 
$$\lambda = A \cdot \frac{D}{L} = 0.36 \text{ mm} \cdot \frac{8.1 \text{ mm}}{4689 \text{ mm}} = 622 \text{ nm}$$

Der aus der Messung bestimmte Wert für die Wellenlänge stimmt bis auf ca.2% mit dem Literaturwert  $\lambda$  = 632,8 nm für den He-Ne-Laser überein.

7,7 mm