3B SCIENTIFIC® PHYSICS

...going one step further

Gerätesatz „Wellenoptik mit dem Laser“ 1003053

Bedienungsanleitung

06/18 Alf

1. Sicherheitshinweise

Der emittiert sichtbare Strahlung mit einer Wellenlänge von 635 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.

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

- Vor Inbetriebnahme das Gehäuse auf Beschädigungen untersuchen. Bei Funktionsstörungen oder sichtbaren Schäden Laser außer Betrieb setzen und gegen unbeabsichtigten Betrieb sichern.
- Gehäuse unter keinen Umständen öffnen.

2. Beschreibung

Gerätesatz zur Darstellung grundlegender Phänomene der Wellenoptik im Praktikumsversuch.

Themen:

Beugung und Interferenz an einer Glasplatte, Lochblende, Quadratblende, Strichgitter, Kreuzgitter

Michelson-Interferometer

Rekonstruktion eines Hologramms

Untersuchung von linear polarisiertem Licht

Absorption von Licht

Als Lichtquelle dient ein teilweise polarisierter Diodenlaser mit justierbarem Halter. Die Stromversorgung erfolgt über ein Steckernetzgerät oder alternativ über Batterien. Die Komponenten sind magnethaftend und lassen sich auf der mitgelieferten Metalltafel in waagerechter oder senkrechter Aufstellung zu den verschiedenen Anordnungen zusammenstellen.

Alle Komponenten sind in einem Aufbewahrungskoffer mit gerätegeformter Schaumstoffeinlage untergebracht.

3. Lieferumfang

1 Diodenlaser mit justierbarem Halter
1 Steckernetzgerät
1 Batteriefach (ohne Batterien)
2 Spiegel mit justierbarem Halter
1 Halbdurchlässiger Spiegel
1 Schirm, weiß
1 Schirm, Mattglas
1 Konvexlinse
1 Polarisationsfilter
1 Halter für Linse und Filter
3 Farbfilter in Dia-Rahmen (rot, grün, blau)
2 Lochblenden in Dia-Rahmen
2 Quadratblenden in Dia-Rahmen
3 Strichgitter in Dia-Rahmen
1 Kreuzgitter in Dia-Rahmen
1 Glasplatte in Dia-Rahmen
1 Halter für Dia-Rahmen
1 Hologramm
1 Metalltafel mit abnehmbarer Stütze
4 Gummifüße für Metalltafel
1 Aufbewahrungskoffer
1 Anleitung.

4. Technische Daten

Diodenlaser:	Laserschutzklasse II max. 1 mW
Wellenlänge:	635 nm
Steckernetzgerät:	Primär 100 – 240 V AC, Sekundär 3 V DC, 300 mA
Batteriefach:	für 2 x 1,5 V AA-Batterien (Batterien nicht im Lieferumfang enthalten)
Metalltafel:	600 mm x 450 mm

5. Experimentierbeispiele

5.1 Interferenz

5.1.1 Interferenz an einer dünnen Glasplatte

- Laser ohne die Linse in einer Ecke der Metalltafel platzieren, so dass der Strahl parallel zur langen Seite der Tafel verläuft (siehe Fig. 1).
- Halter mit Glasplatte so in der anderen Ecke aufstellen, dass der Strahl darauf sichtbar ist. Gegebenenfalls Höhe mittels der Einstellschraube am Laserhalter einstellen.
- Mattglasschirm in der diagonal gegenüberliegenden Ecke platzieren.
- Glasplatte so weit drehen, bis der Strahl mittig auf den Schirm trifft.
- Linse direkt vor den Laser stellen, um den Strahl aufzuweiten.

Der Durchmesser des Strahls sollte nicht größer sein als die Glasplatte.

- Interferenzmuster auf dem Schirm beobachten. Gegebenenfalls seine Position variieren, bis ein optimales Ergebnis erreicht ist.

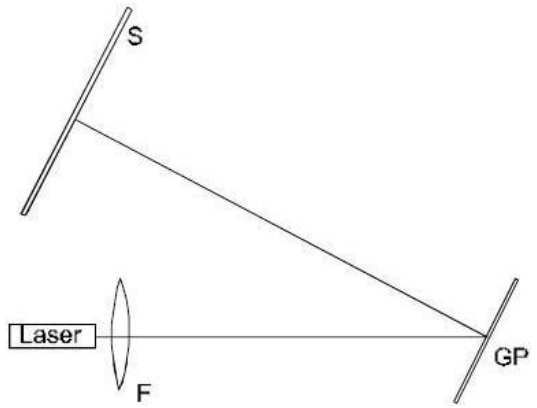

Fig.1 Experimenteller Aufbau (F = Linse, GP = Glasplatte, S = Mattglasschirm)

5.1.2 Michelson Interferometer

- Laser ungefähr in der Mitte an der Längsseite der Tafel platzieren (Fig. 2) und den Laserstrahl parallel zur Grundplatte ausrichten (siehe Bemerkungen).
- Spiegel M2 so auf der gegenüberliegenden Seite der Tafel positionieren, dass die Seite mit der Einstellschraube nicht zum Laser zeigt. Laserstrahl so mittels der Schrauben am Spiegelhalter und Laser einrichten, dass der Strahl zurück auf den Laser geht.
- Halbdurchlässigen Spiegel zwischen Laser und Spiegel M2 stellen (siehe Fig. 2). Der Winkel zwischen dem halbdurchlässigen Spiegel und der Achse des Laserstrahls sollte möglichst genau 45° betragen.
- Mattglasschirm gemäß Fig. 2 aufbauen. Der Laserstrahl sollte in der Mitte darauf treffen.
- Spiegel M1 gegenüber dem Mattglasschirm aufstellen.
- Laserstrahl auf dem Schirm durch Verschieben des Spiegels M1 und mittels der Einstellschraube am Spiegelhalter in Deckung und auf die gleiche Höhe wie die Laserquelle bringen (siehe Bemerkungen).
- Linse zwischen halbdurchlässigen Spiegel und Laser platzieren. Es entsteht ein typisches Interferenzmuster.

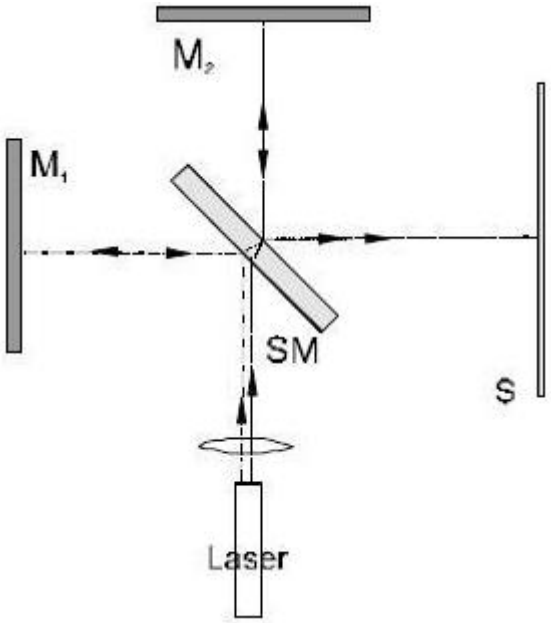

Fig. 2 Experimenteller Aufbau Michelson-Interferometer (M1, M2 = Spiegel, SM = halbdurchlässiger Spiegel, S = Mattglasschirm)

Bemerkungen:

Vor dem Experiment sollte die Linse sorgfältig gereinigt werden, um ungewollte Interferenzen durch Staubpartikel auf der Linse zu vermeiden. Diese Interferenzen sind als eine Anzahl konzentrischer Ringe sichtbar. Eine Interferenz von Strahlen, die nur von einem Spiegel M1 oder M2 kommen, ist möglich. Um diese Interferenzen zu erkennen, werden die Spiegel einfach nacheinander abgedeckt.

Beim Aufbau gemäß Fig. 2 ist es wichtig, dass die sich überlagernden Kreiswellen nur einen kleinen Winkel bilden. Dann ist das Interferenzmuster in der Fläche I sichtbar (siehe Fig. 3a). Ist der Winkel zu groß (Fig. 3b), kann die Interferenz nicht beobachtet werden. Deshalb ist es wichtig, dass der Laserstrahl so ausgerichtet ist, dass er parallel zur Grundplatte verläuft und nach der Reflektion an den Spiegeln M1 und M2 weiter parallel verläuft.

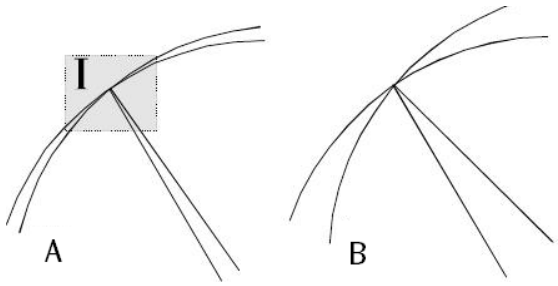

Fig. 3 Intergerenz zweier Kreiswellen

Nachdem die Spiegel platziert und ausgerichtet wurden, sind zwei Projektionspunkte auf dem Schirm sichtbar. Diese Punkte sind durch Ausrichtung der Spiegel auf die gleiche Höhe wie die Laserquelle und zur Überlagerung auf dem Schirm zu bringen. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Strahlachsen parallel zur Grundfläche verlaufen und sich auf dem Schirm treffen. Diese Ausrichtung geschieht besser ohne die Linse.

Es ist empfehlenswert den Laser sehr nahe an den halbdurchlässigen Spiegel zu stellen, wenn die Spiegel ausgerichtet werden. Die Abbildungen auf den Spiegeln sollten die gleiche Größe und Position besitzen. Ist das Interferenzmuster auf dem Schirm sichtbar, kann der Laser frei verschoben werden ohne Einfluss auf die Interferenz.

Da der Michelson-Interferometer sehr empfindlich ist, muss die Metalltafel auf einer stabilen und schwingungsfreien Unterlage aufgestellt werden.

Falls kein Interferenzmuster auf dem Schirm sichtbar ist, sollte die Linse entfernt und sichergestellt werden, dass die Laserstrahlen parallel zur Grundplatte verlaufen und sich im gleichen Punkt auf dem Schirm treffen. Wenn dies richtig ist und immer noch kein Interferenzmuster zu sehen ist, ist es empfehlenswert einen der Spiegel auf der optischen Achse um ca. 1 mm nach vorne oder hinten zu verschieben.

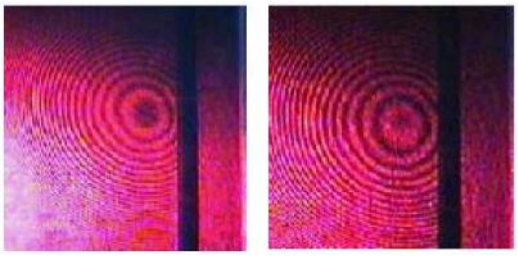

Fig. 4 Interferenzmuster von zwei Kreiswellen, wenn die Achsen der Strahlen übereinander liegen oder einen kleinen Winkel bilden

5.2 Beugung

5.2.1 Beugung an einer runden und einer quadratischen Lochblende

- Quadratische oder runde Lochblende am Halter befestigen und zwischen Laser und Schirm platzieren. Der Abstand zwischen Lochblende und Schirm sollte mindestens 50 cm betragen.
- Beugungsmuster verschiedener Lochblenden betrachten.

Die Gleichung für Beugungsmaxima für runde Lochblenden ist

$$\sin\varphi = k\frac{\lambda}{D}$$

mit φ = Beugungswinkel, k = Beugungsordnung (0, 1, 2, …), λ = Wellenlänge des Lichts, D = Durchmesser der Öffnung

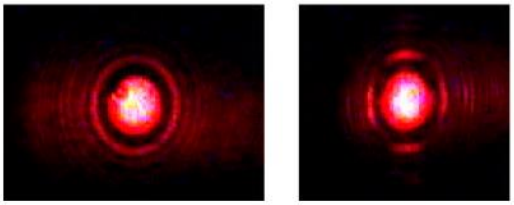

Fig. 5 Beugungsmuster einer runden und einer quadratischen Lochblende

5.2.2 Beugung an einem Gitter

- Laser und Mattglasschirm einander gegenüberstehend mit möglichst großem Abstand auf der Metalltafel positionieren (siehe Fig. 6).
- Gitter dazwischen stellen. Der Abstand zum Schirm sollte mindestens 50 cm betragen.
- Beugungsmuster betrachten (siehe Fig. 7).

Die Gleichung für Beugungsmaxima lautet

$$\sin\varphi = m\frac{\lambda}{d}$$

mit φ = Beugungswinkel, m = Beugungsordnung (0, 1, 2, …), λ = Wellenlänge des Lichts, d = Gitterkonstante

- Beugungsmuster der verschiedenen Gitter (G1, G2, G3, G4) betrachten.
- Zwei verschiedene Gitter hintereinander aufstellen.
- Beugungsmuster betrachten.

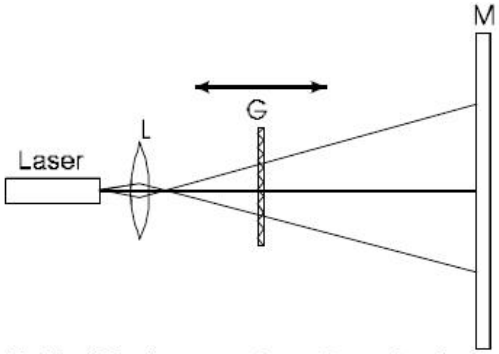

Fig. 6 Aufbau zur Beugung [G = Beugungsobjekt (Lochblende, Gitter), M = Mattglasschirm, L = Linse]

Fig. 7 Beugungsmuster eines Gitters

5.3 Rekonstruktion eines Hologramms

- Experimentellen Aufbau auf der Metalltafel gemäß Fig. 8 durchführen. Dabei das Hologramm möglichst weit vom Laser mit der roten Markierung zum Laser weisend aufstellen.

Je größer die beleuchtete Fläche des Hologramms ist, desto besser ist das rekonstruierte Bild zu sehen.

- Hologramm aus einem Winkel von ca. 30° betrachten. Gegebenenfalls Hologramm langsam hin und her drehen bis das Bild zu sehen ist.
- Wird das Bild nicht gefunden, Hologramm um 180° drehen oder Kopf drehen (Betrachtung im Winkel von 30° ist aus zwei verschiedenen Positionen möglich).

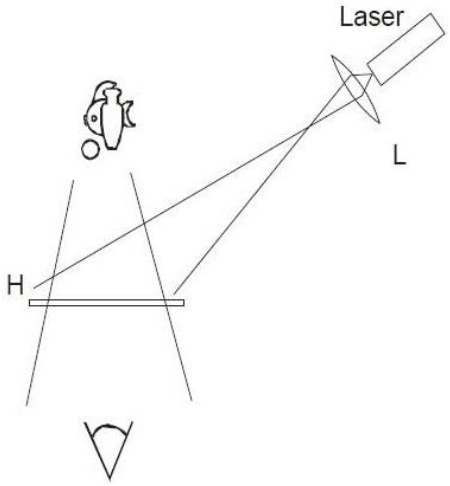

Fig. 8 Experimenteller Aufbau zur Rekonstruktion eines Hologramms (L = Linse, H = Hologramm)

5.4 Untersuchung von linear polarisiertem Licht

- Experimentellen Aufbau gemäß Fig. 9 durchführen.
- Polarisationsfilter um die optische Achse drehen.
- Veränderung der Intensität des Projektionspunktes auf dem Schirm betrachten.

Achtung

Bei Auslöschung durch den Polarisationsfilter ist kein Licht auf dem Schirm zu sehen. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die Augen vor dem Laserstrahl geschützt sind. Direkter Blickkontakt mit dem Laserstrahl kann zu permanenten Schäden am Auge führen.

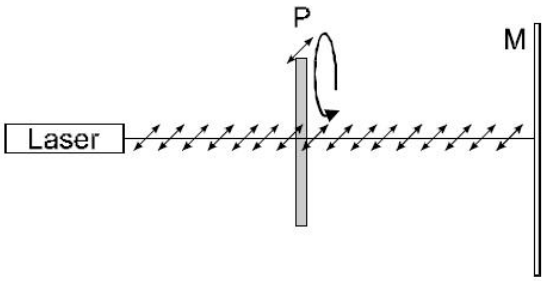

Fig. 9 Untersuchung von linear polarisiertem Licht (P = Polarisationsfilter, M = Mattglasschirm)

5.5 Absorption von Licht

- Experimentellen Aufbau gemäß Fig. 10 durchführen.
- Veränderung der Intensität des Projektionspunktes bei Verwendung verschiedener Farbfilter betrachten.

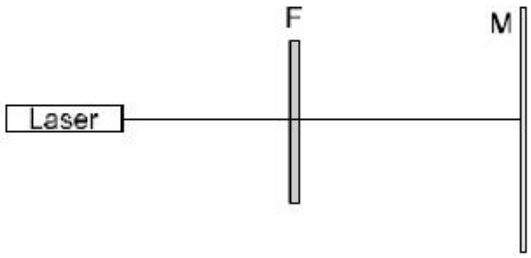

Fig. 10 Demonstration der Absorption von Licht mittels Farbfiltern (F =Farbfilter, M = Mattglasschirm)

© Copyright 2018 3B Scientific GmbH