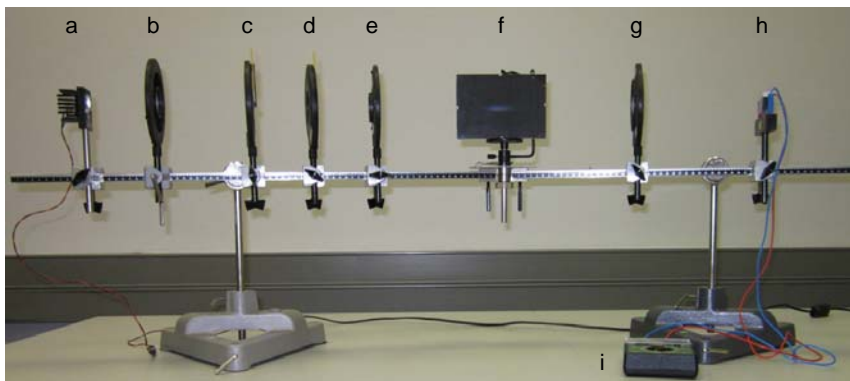


Labor für Technische Physik

Prof. Dr.-Ing. Dieter Kraus, Dipl.-Ing. W. Pieper

Versuch 18d:

Fresnelsche Gesetze der Reflexion



- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| a: LED-Leuchte | f: Glasscheibe |
| b: Linse f = 100 mm | g: Linse f=+150 mm |
| c: Irisblende | h: Fotoelement mit Steckhalteelement |
| d: Polarisationsfilter (Polarisator) | i: Spannungsmessgerät |
| e: Linse f = 200 mm | |

1. Versuchsziele

Die Fresnelschen Formeln für die Reflexionskoeffizienten von polarisiertem Licht sind quantitativ zu bestätigen.

2. Theoretische Grundlagen

Trifft Licht auf eine Glasoberfläche, so wird es je nach Einfallswinkel und Polarisationssebene verschieden stark reflektiert. Unter der Voraussetzung, dass Licht eine elektromagnetische Welle ist, dass also für die elektrische Feldstärke E und die magnetische Feldstärke B die Maxwell'schen Gleichungen gelten, lassen sich die "Fresnelschen Formeln" herleiten.

Die Amplitude E^r des elektrischen Vektors der reflektierten Welle lässt sich aus der Amplitude E^i des elektrischen Vektors der einfallenden Welle berechnen. Dabei sind zwei Fälle zu unterscheiden (siehe Abb.1.):

- die Lichtwelle ist in der Einfallsebene polarisiert (Bezeichnungen E_{\parallel}^i und E_{\parallel}^r)
- die Lichtwelle ist senkrecht zur Einfallsebene (also parallel zur Glasoberfläche) polarisiert (Bezeichnungen E_{\perp}^i und E_{\perp}^r);

Für das Verhältnis der Feldamplituden gelten die folgenden Gleichungen:

$$\frac{E_{\parallel}^r}{E_{\parallel}^i} = \frac{\tan(\alpha - \beta)}{\tan(\alpha + \beta)}, \text{ bzw. } \left| \frac{E_{\parallel}^r}{E_{\parallel}^i} \right| = \left| \frac{\tan(\alpha - \beta)}{\tan(\alpha + \beta)} \right| \quad (1)$$

$$\frac{E_{\perp}^r}{E_{\perp}^i} = -\frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha + \beta)}, \text{ bzw. } \left| \frac{E_{\perp}^r}{E_{\perp}^i} \right| = \left| \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha + \beta)} \right| \quad (2)$$

Die Quotienten (1) und (2) werden als Reflexionskoeffizienten für die Feldstärke bezeichnet. Durch Quadrieren erhält man die Reflexionskoeffizient für die optische Leistung bzw. Intensität.

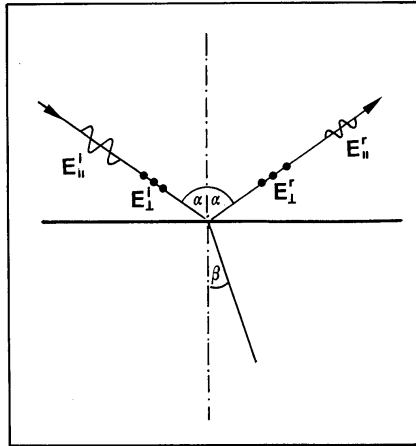


Abb.1: Polarisationsrichtungen und Bezeichnungen der Feldamplitude.

Die Polarisation senkrecht zur Zeichenebene, die mit der Einfallsebene zusammenfällt ist durch Punkte angedeutet.

E^{\perp} : elektrischer Feldvektor der einfallenden Welle

\square : parallel zur Einfallsebene polarisiert

\perp : senkrecht zur Einfallsebene polarisiert

E^{\parallel} : elektrischer Vektor der reflektierten Welle

α : Einfallswinkel

β : Brechungswinkel

Die Amplitude einer Lichtwelle lässt sich nicht direkt bestimmen, wohl aber ihre Intensität, die als Energiefluss pro Zeit und Flächeneinheit zum Quadrat der Amplitude proportional ist.

Im Experiment messen wir den Fotostrom I eines Solarelements, der proportional zu der auf die Zelle fallenden Lichtintensität ist.

Wenn die Intensität des einfallenden Lichts einer gemessenen Spannung U_0 entspricht, und wir bei einem Einfallswinkel α für das reflektierte Licht die Spannung $U(\alpha)$ messen, erhalten wir das Verhältnis der Amplituden durch Quotientenbildung und Wurzelziehen:

$$\frac{|E^{\parallel}|}{|E^{\perp}|} = \sqrt{\frac{U(\alpha)}{U_0}} \quad (3)$$

3. Versuchsaufbau

Geräteliste

2	kleine Optische Bank	460 43
2	Großer Stativfuß, V-förmig	300 01
7	Leybold-Muffen	301 01
1	Drehgelenk mit Winkelskala	460 40
1	Prismentisch	460 25
1	LED-Leuchte mit Stromquelle	
1	Irisblende	460 26
1	Linse in Fassung, $f = 100$ mm	460 03
1	Linse in Fassung, $f = 150$ mm	460 08
1	Linse in Fassung, $f = 200$ mm	460 04
1	Polarisationsfilter	472 40
1	Fotoelement	578 62
1	Halter für Steckelement	460 21
1	Spannungsmessgerät	531 100
1	Glasscheibe mit schwarzem Hintergrund oder 90° Prisma	

Den Versuch entsprechend der Abbildung auf der Titelseite dieser Versuchsanleitung aufbauen (Aufbau wie V18c außer: Fotoelement anstatt Schirm; Polarisator vor der Glasscheibe einfügen):

- Die Optische n Bänke auf Standfüße montieren, waagrecht auf gleiche Höhe ausrichten und mit Hilfe des Drehgelenkes mit aufgesetztem Winkelmesser verbinden. Den Prismentisch in das Drehgelenk stecken.
- Die LED-Leuchte 10 cm vom linken Ende der Optischen Bank befestigen und mit der Stromversorgung für LED verbinden.
- Die Linse ($f = 100$ mm) in einem Abstand von ca. 10 cm vor der LED-Leuchte positionieren.
- Die Irisblende in einem Abstand von ca. 15 cm hinter der Linse positionieren.
- Das Polarisationsfilter (Polarisator) in einem Abstand von ca. 10 cm hinter der Irisblende montieren.

- Die Linse ($f = 200 \text{ mm}$) in einem Abstand von ca. 10 cm hinter dem Polarisator befestigen.
- Die Linse ($f = +150 \text{ mm}$) in einem Abstand von ca. 20 cm hinter dem Drehgelenk positionieren.
- Das Fotoelement mit dem Steckelement in einem Abstand von ca. 15 – 20 cm hinter der Linse auf der Optischen Bank montieren.

4. Versuchsdurchführung

- Die beiden optischen Bänke zunächst in einer Linie aufstellen und die optischen Komponenten in Höhe und Position so ausrichten, dass der Lichtpunkt auf das Fotoelement trifft.
- Nun die beiden optischen Bänke in einem Winkel von 90° gegeneinander ausrichten.
- Das 90° Prisma (oder die Glasscheibe) so auf dem Prisentisch befestigen, dass der Lichtstrahl wieder auf das Fotoelement trifft und die Anzeige am Spannungsmessgerät ein Maximum erreicht. Dieser Spannungswert entspricht U_0 . In dieser Position die Pfeile auf 45° bzw. 90° auf der Winkelskala des Drehgelenks entsprechend Abb. 2 drehen.
- Messen sie die von der Glasfläche reflektierte Leistung bei einem Einfallswinkel α zwischen 10° und 90° (Schrittweite 10°) für Polarisationsrichtungen senkrecht (Polarisatorstellung 0°) und parallel (Polarisatorstellung 90°) zur Einfallsebene. Hierbei den Prisentisch mit der Glasfläche jeweils so nachjustieren, dass der Lichtstrahl wieder vollständig auf das Fotoelement trifft.

Anmerkung:

- Der Einfallswinkel ist immer genau halb so groß, wie der Winkel zwischen den optischen Bänken.

5. Auswertung

- Stellen Sie die auf U_0 normierten Amplituden als Funktion des Einfallswinkels dar.
- Berechnen Sie die Intensität der reflektierten Lichtstrahlen mit Hilfe der Gleichungen (1) und (2), und stellen Sie diese grafisch dar. Ersetzen Sie jeweils den Winkel β durch $\arcsin\left(\frac{\sin \alpha}{n}\right)$, und nehmen Sie für $n=1,53$.
- Vergleichen Sie die errechnete Kurve, mit den gemessenen Werten, indem Sie beide in einem Diagramm darstellen.
- Diskutieren Sie ihre Ergebnisse kritisch.

Literatur

- [1] Hering, Martin, Stohrer: Physik für Ingenieure, Springer-Lehrbuch
- [2] Eichler, Kronfeld, Sahn: Das Neue Physikalische Grundpraktikum, Springer-Lehrbuch
- [3] Geschke: Physikalisches Praktikum, Teubner