

Übung 14 Optik Strahlenmodell, Totalreflexion

Lernziele

- das Reflexions- und das Brechungsgesetz zur Analyse und Lösung von konkreten Problemstellungen anwenden können.
- das Phänomen der Totalreflexion verstehen.

Aufgaben

1. Ein Lichtstrahl fällt auf die Grenzfläche zweier Medien, deren Brechzahlen unbekannt sind. Beim Einfallswinkel 30° misst man einen Ausfallswinkel von 22° .
 - a) Bestimmen Sie den Ausfallswinkel bei einem Einfallswinkel von 45° .
 - b) Beurteilen Sie, was sich über die Brechzahlen der beiden Medien aussagen lässt.

2. Totalreflexion

Ein Lichtstrahl läuft durch ein Medium 1 mit der Brechzahl n_1 und trifft mit dem Einfallswinkel α_1 auf eine Grenzfläche zu einem Medium 2 mit der kleineren Brechzahl $n_2 < n_1$.

Überschreitet der Winkel α_1 einen bestimmten Grenzwinkel α_G , so läuft im Medium 2 kein gebrochener Strahl mehr weiter. Der ganze einfallende Lichtstrahl wird an der Grenzfläche reflektiert. Man nennt dieses Phänomen Totalreflexion.

- a) Finden Sie mit Hilfe des Brechungsgesetzes eine Erklärung für die Totalreflexion.
- b) Bestimmen Sie den Grenzwinkel der Totalreflexion für eine Grenzfläche Diamant-Luft.

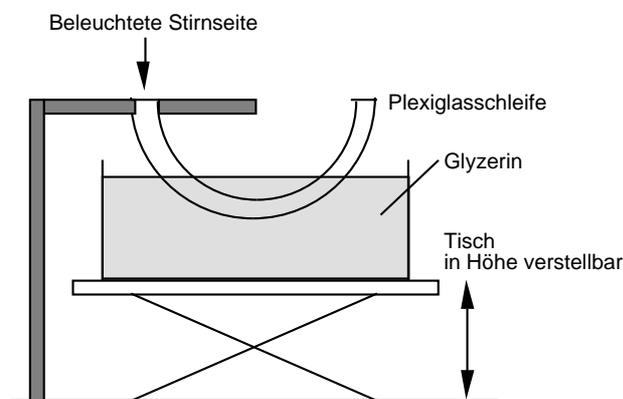
Brechzahlen: $n_{\text{Luft}} = 1.00$
 $n_{\text{Diamant}} = 2.42$

3. Totalreflexion in einer Glasfaser

Licht kann durch eine gekrümmte Glasfaser geleitet werden.

Dies wird in der Datenübertragungstechnik angewendet: Licht in einer Glasfaser kann mehr Daten schneller und weniger störungsanfällig übertragen als ein elektrisches Signal in einem elektrischen Kabel.

In einem Experiment, das im Dunkelraum aufgebaut ist, sollen Sie Licht durch eine Plexiglasschleife leiten. Dabei stellt die Plexiglasschleife eine übergrosse Glasfaser dar:



(Fortsetzung siehe Seite 2)

Der in der Höhe verstellbare Tisch ist zunächst so eingestellt, dass die Plexiglasschleife nicht ins Glycerin eintaucht.

- Beleuchten Sie die eine Stirnseite der Plexiglasschleife mit der Lampe. Überzeugen Sie sich davon, dass bei der anderen Stirnseite der Plexiglasschleife Licht austritt. Das Licht wird also durch die Schleife geleitet.
- Heben Sie den in der Höhe verstellbaren Tisch so weit an, bis die Schleife in das Glycerin eintaucht. Überzeugen Sie sich davon, dass am Ende der Schleife die Helligkeit des Lichtes abgenommen hat.
- Erklären Sie die Lichtleitung durch die Plexiglasschleife mit Hilfe der Totalreflexion an den Schleifenwänden. Fassen Sie das einfallende Licht als einzelne Lichtstrahlen auf. Zeichnen Sie den Weg eines einzelnen Lichtstrahls in der Schleife.
- Betrachten Sie die nachfolgende Tabelle mit den Brechungsindizes verschiedener Medien. Glycerin hat einen andere Brechzahl als Luft. Finden Sie eine Erklärung dafür, dass deshalb weniger Totalreflexionen der Lichtstrahlen an der Schleifenwand stattfinden.

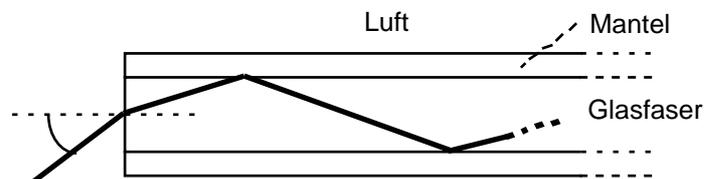
Material	Relative Brechzahl (bezogen auf Luft von 20 °C und 1013 hPa und eine Wellenlänge = 589.3 nm)
Luft	1
Plexiglas	1.491
Glyzerin	1.455
Wasser	1.33299

Bem.: Die relative Brechzahl n_{rel} eines Mediums ist definiert als Verhältnis zwischen der (absoluten) Brechzahl n des Mediums und der (absoluten) Brechzahl eines Referenzmediums (hier: n_{Luft}):

$$n_{\text{rel}} := \frac{n}{n_{\text{Luft}}}$$

4. * Wellenleiter

Ein typischer Lichtleiter, auch Wellenleiter genannt, besteht aus einer Glasfaser, die von einem geeigneten Mantel umgeben ist. Ein Lichtstrahl kann stirnseitig in den Wellenleiter eingekoppelt werden:



- Geben Sie den maximal möglichen Einkopplungswinkel an, so dass der eingekoppelte Lichtstrahl durch Totalreflexion an der Grenzschicht Glasfaser-Mantel durch den Wellenleiter geleitet wird.
- Zeigen Sie, dass der Lichtstrahl bei jedem Einkopplungswinkel durch die Glasfaser geleitet würde, d.h. die Glasfaser seitlich nicht verlassen würde, wenn die Glasfaser keine Ummantelung hätte.

Lösungen

1. a) Ausfallswinkel = 32°
b) Es lässt sich nur eine Aussage machen über das Verhältnis der beiden Brechzahlen.
 $\frac{n_2}{n_1} = 1.33$

2. a) ...
b) $G = \arcsin \frac{n_{\text{Luft}}}{n_{\text{Diamant}}} = 24.4^\circ$

3. a) ...
b) ...
c) ...
d) ...

4. * a) $\arcsin \frac{n_{\text{Glas}}}{n_{\text{Luft}}} \sqrt{1 - \frac{n_{\text{Mantel}}^2}{n_{\text{Glas}}^2}}$
b) ...