

## Übung 24

## Optik Wellencharakter von Licht, Reflexion, Brechung, Totalreflexion

### Lernziele

- verstehen, dass das Licht Wellencharakter besitzt.
- verstehen, wie beim Fresnel'schen Spiegelversuch die beobachteten Interferenzmuster zu Stande kommen.
- das Reflexions- und das Brechungsgesetz zur Analyse und Lösung von konkreten Problemstellungen anwenden können.
- das Phänomen der Totalreflexion verstehen.

### Aufgaben

#### *Wellencharakter von Licht*

1. Im Unterricht wurde der **Fresnel'sche Spiegelversuch** durchgeführt.  
Finden Sie eine zeichnerische Erklärung für das im Versuch beobachtete Interferenzmuster.  
Vorgehen:
  - i) Konstruieren Sie in der Grafik auf der Seite 4 mit dem Zirkel konzentrische Kreise um die beiden imaginären Lichtquellen  $L_1$  und  $L_2$ . Die Radien sollen sich jeweils um 1 cm unterscheiden.  
Zeichnen Sie jeden zweiten Kreis gestrichelt.  
Volle Kreise sollen dabei Wellenberge darstellen, gestrichelte Kreise Wellentäler.
  - ii) Ermitteln Sie auf dem Schirm jene Stellen, an denen sich jeweils Wellenberge überlagern.  
Markieren Sie auch jenen Stellen, an denen jeweils ein Wellenberg auf ein Wellental fällt und die beiden Wellen sich auslöschen.

#### *Reflexion, Brechung, Totalreflexion*

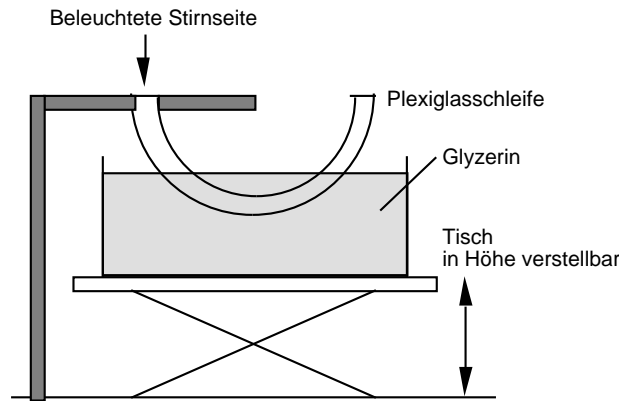
2. Ein Lichtstrahl fällt auf die Grenzfläche zweier Medien, deren Brechzahlen unbekannt sind.  
Beim Einfallswinkel  $45^\circ$  misst man einen Ausfallswinkel von  $30^\circ$ .  
Beurteilen Sie, was sich über die Brechzahlen der beiden Medien aussagen lässt.
3. Ein Lichtstrahl läuft durch ein Medium 1 mit der Brechzahl  $n_1$  und trifft mit dem Einfallswinkel  $\alpha_1$  auf eine Grenzfläche zu einem Medium 2 mit der kleineren Brechzahl  $n_2 < n_1$ .  
Überschreitet der Winkel  $\alpha_1$  einen bestimmten Grenzwinkel  $\alpha_G$ , so läuft im Medium 2 kein gebrochener Strahl mehr weiter. Der ganze einfallende Lichtstrahl wird an der Grenzfläche reflektiert. Man nennt dieses Phänomen **Totalreflexion**.  
Finden Sie mit Hilfe des Brechungsgesetzes eine Erklärung für diese Totalreflexion.

4. **Experiment Posten 1: 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 übergrösse Glasfaser dar:



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

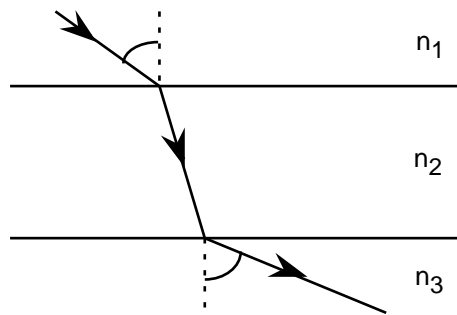
- Beleuchten Sie die eine Stirnseite der Plexiglasschleife mit der Lampe. Überzeugen Sie sich davon, dass bei der anderen Stirnseite der Plexiglasschleife Licht austritt. Das Licht wird also durch die Schleife geleitet.
- Heben Sie den in der Höhe verstellbaren Tisch so weit an, bis die Schleife in das 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 eine 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
Glycerin	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:  $n_{Luft}$ ):

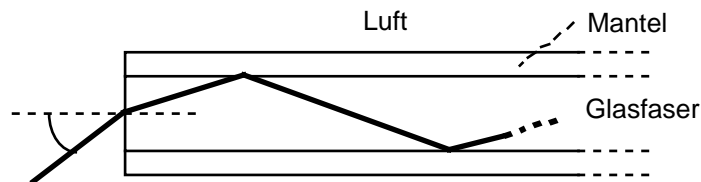
$$n_{rel} := \frac{n}{n_{Luft}}$$

5. Ein Lichtstrahl durchlaufe drei Medien mit den Brechzahlen  $n_1$ ,  $n_2$  und  $n_3$ . Der Winkel  $\alpha$  sei bekannt und so gewählt, dass keine Totalreflexion an den Grenzschichten auftrete:



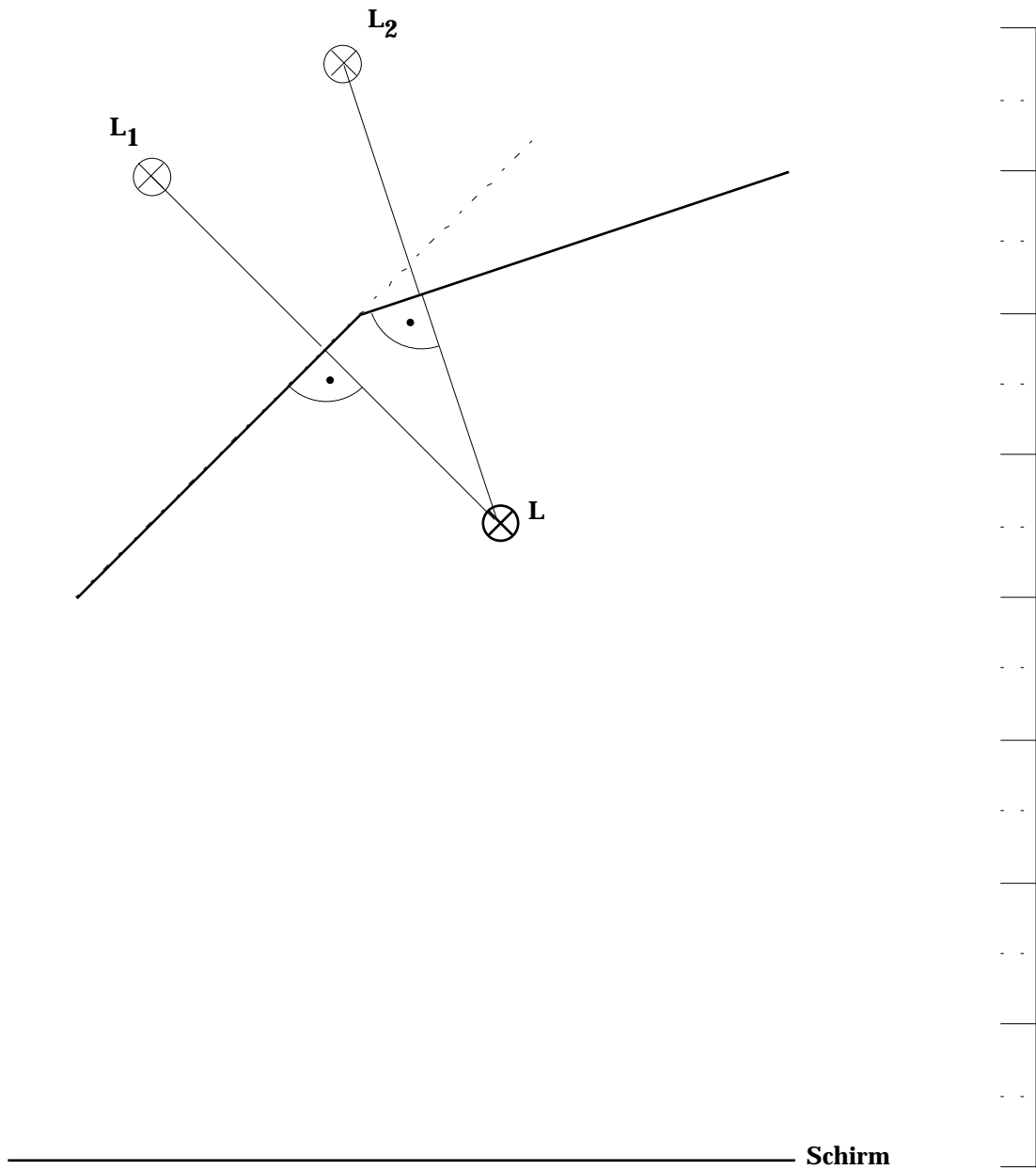
Zeigen Sie, dass der Wert des Winkels  $\alpha$  unabhängig ist vom Brechungsindex  $n_2$  des mittleren Mediums.

6. 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:



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

Grafik zur Aufgabe 1:



## Lösungen

1. ...

2. Es lässt sich nur eine Aussage machen über das Verhältnis der beiden Brechzahlen.

$$\frac{n_2}{n_1} = \sqrt{2} = 1.4$$

3. ...

4. a) ...

b) ...

c) ...

d) ...

5.  $= \arcsin \frac{n_1}{n_3} \sin( \ )$

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

b) ...