

---

# Übungen zur Experimentalphysik 3

Prof. Dr. L. Oberauer

Wintersemester 2010/2011

Übungsblatt 5 - 22. November 2010

---

Franziska Konitzer (franziska.konitzer@tum.de)

---

Schwierigkeitsgrad:

★ - Routineaufgabe.

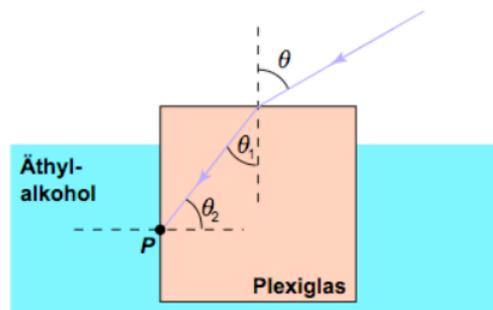
★★ - Geradlinige Aufgabe.

★★★ - Herausfordernde Aufgabe.

Die Angabe in Klammern ist die verfügbare Punktzahl.

## Aufgabe 1 (★) (8 Punkte)

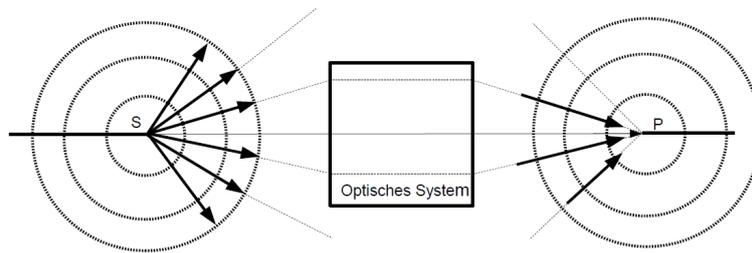
Ein Lichtstrahl treffe aus Luft ( $n_{Luft}=1$ ) auf einen Plexiglasquader ( $n_{Plexiglas} = 1.491$ ), der fast vollständig in Äthylalkohol ( $n_{Äthylalkohol} = 1.3641$ ) eingetaucht ist:



- Berechnen Sie den Winkel  $\theta$  für den sich am Punkt  $P$  Totalreflexion ergibt.
- Wenn der Äthylalkohol entfernt wird, ergibt sich dann auch mit dem in a) berechneten Winkel  $\theta$  am Punkt  $P$  Totalreflexion? Begründung!
- Beschreiben Sie den Strahlengang ab dem Punkt  $P$  für den Fall der Totalreflexion und für den Fall, dass der Winkel kleiner als der Winkel der Totalreflexion ist.

## Aufgabe 2 (★★) (8 Punkte)

- Eine Kugelwelle breitet sich von einem Punkt  $S$  aus und tritt in ein nicht näher definiertes optisches System ein (siehe Abbildung). Aus diesem tritt es als auf Punkt  $P$  konvergierende Welle wieder aus. Was sagt das Fermatsche Prinzip über die optischen Wege für die Strahlen von  $S$  nach  $P$  aus?



- b) Ein gebündelter Lichtstrahl trifft parallel zur Symmetrieachse auf einen konkaven Spiegel und wird in einen konvergierenden Strahl gespiegelt. Benutzen Sie das Fermatsche Prinzip, um zu zeigen, dass es sich um einen Parabolspiegel handelt.

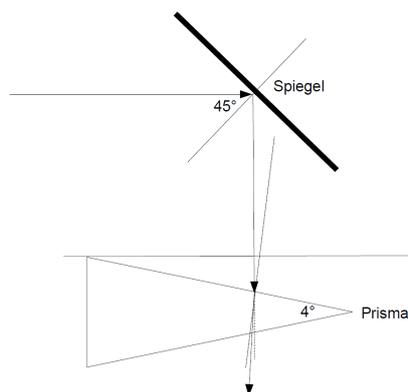
### Aufgabe 3 (★) (5 Punkte)

- a) Ausgehend von der Gleichung

$$\sin\left(\frac{\alpha + \delta_{min}}{2}\right) = n \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

aus der Vorlesung für die symmetrische Durchstrahlung eines Prismas zeigen Sie, dass für kleine Winkel  $\alpha$  folgt, dass  $\delta \approx (n - 1)\alpha$ .

- b) Ein Prisma hat einen Brechungsindex von  $n=1.60$  und ist so positioniert, dass einfallendes Licht minimal abgelenkt wird. Finden Sie den minimalen Ablenkwinkel  $\delta_{min}$  für einen Scheitelwinkel  $\alpha = 45^\circ$ .
- c) Ein Lichtstrahl fällt durch ein Prisma mit Scheitelwinkel  $\alpha = 50^\circ$ . Durch Drehen des Prismas wird der Strahl unterschiedlich stark abgelenkt; das Minimum liegt hier bei  $30^\circ$ . Bestimmen Sie den Brechungsindex des Prismas.
- d) Ein Lichtstrahl trifft auf einen ebenen Spiegel mit einem Winkel von  $45^\circ$  (siehe Abbildung). Nach der Spiegelung verläuft der Strahl durch ein Prisma mit Brechungsindex  $n=1.50$  und Scheitelwinkel  $\alpha = 4^\circ$ . Um welchen Winkel muss der Spiegel gedreht werden, wenn die Gesamtablenkung  $90^\circ$  betragen soll?



#### Aufgabe 4 (★) (3 Punkte)

Auf einen sphärischen Konkavspiegel mit einem Durchmesser von  $40\text{cm}$  und einem Krümmungsradius von  $60\text{cm}$  falle ein Lichtbündel parallel zur optischen Achse. Reflektierte Strahlen schneiden die optische Achse nicht genau im Brennpunkt. Den Abstand dieses Schnittpunktes zum Brennpunkt nennt man sphärische Längenaberration.

- a) Bestimmen Sie die Längenaberration als Funktion des Einfallwinkels  $\alpha$  (Winkel zwischen einfallendem Strahl und Einfallslot).
- b) Die Breite des Lichtbündels sei größer als der Durchmesser des Spiegels. Berechnen Sie die größte vorkommende Längenaberration.

#### Aufgabe 5 (★★) (4 Punkte)

Ein dünner Glasstab habe die Länge  $l = 30\text{cm}$ , die Brechzahl  $n = 1.5$ , und werde durch ein planes und ein sphärisch konvexes Ende mit Krümmungsradius  $r = 10\text{cm}$  abgeschlossen. Außerhalb des Stabes, im Abstand  $g = 60\text{cm}$  vor der sphärischen Fläche, befinde sich auf der Symmetrieachse des Stabes eine punktförmige Lichtquelle  $Q$ .

Skizzieren Sie den Verlauf der von  $Q$  ausgehenden Lichtstrahlen. Gibt es einen Punkt, in dem sich die Strahlen wieder treffen? Und wenn ja: wo? Unter welchem Winkel  $\xi$  treffen sich Strahlen, die bei  $Q$  mit einem Winkel  $\alpha$  auseinander gelaufen sind?