

## Übungsblatt 2

Ausgabe: Dienstag, 31.10.2023

Abgabe: Dienstag, 07.11.2023, vor 10:00 Uhr (Ilias oder Box im Foyer des Physikhochhauses)

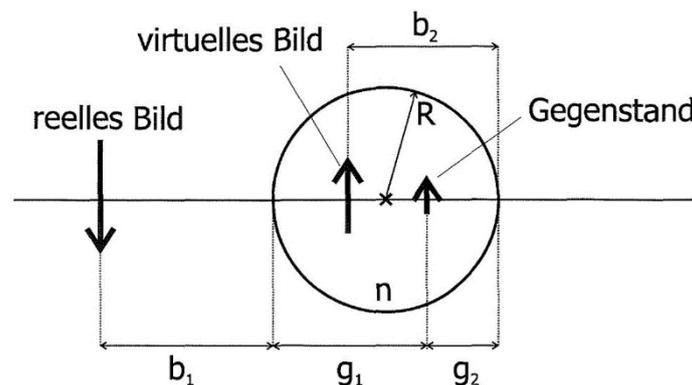
Besprechung: Donnerstag, 09.11.2023 (Übungen)

### Aufgabe 1

5 Punkte

In einer durchsichtigen Kugel (Brechungsindex  $n$ , Radius  $R$ ) befindet sich ein kleiner Gegenstand  $G$ . Dieser wird längs einer Achse (gegeben durch den Kugelmittelpunkt und das Zentrum des Gegenstandes) beobachtet. Blickt man von links auf die Kugel, so findet man ein reelles Bild von  $G$  im Abstand  $b_1$  vor der Kugeloberfläche. Von rechts beobachtet, sieht man ein virtuelles Bild im Abstand  $b_2$  von der Kugeloberfläche.

Es wird die Näherung achsennaher Strahlen verwendet. In der Umgebung befindet sich Luft mit  $n_L = 1$ .



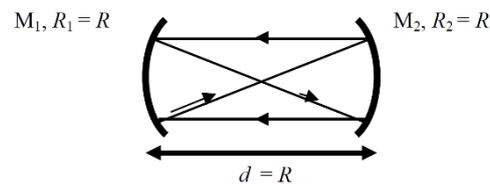
- Wie groß muss aufgrund dieser Beobachtungen der Brechungsindex der Kugel mindestens sein?
- Geben Sie die Lage  $g_2$  des Gegenstandes an (allgemein unter Verwendung von  $b_1$ ,  $b_2$  und  $R$ ).
- Berechnen Sie  $g_2$  und den Brechungsindex  $n$  für  $R = 20$  cm,  $b_1 = 210$  cm und  $b_2 = 5,5$  cm.

## Aufgabe 2

3 Punkte

Die Skizze unten zeigt einen sogenannten konfokalen Resonator, wie er oft in Lasersystemen eingesetzt wird. Er besteht aus zwei identischen, konkaven, sphärischen Spiegeln, zwischen denen das Licht hin und her reflektiert wird. Der Abstand  $d$  der Spiegel ist identisch mit dem Krümmungsradius  $R$  beider Spiegel.

Zeigen Sie mit Hilfe der Matrix-Methode aus der Vorlesung, dass ein Lichtstrahl, der unter einem beliebigen Winkel vom linken Spiegel aus nach rechts läuft, nach vier Reflexionen wieder seinen Ausgangszustand einnimmt, so dass der gleiche Weg erneut durchlaufen wird und das Licht den Resonator nicht verlässt. Benutzen Sie die Matrizen für Translationen und für Hohlspiegel.



## Aufgabe 3

4 Punkte

- Beim Originalversuch von Fizeau zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit betrug die Strecke  $d$  vom Zahnrad bis zum Spiegel 8,633 km. Das Zahnrad hatte 720 Zähne und die erste Verdunkelung trat bei einer Drehfrequenz von 12,6 Hz ein. Welchen Wert für die Lichtgeschwindigkeit erhält man damit?
- Die Breiten einer Lücke und eines Zahns beim Zahnrad seien gleich groß und betragen  $D = 1,5$  mm. Die Frequenz am Zahnrad wird so eingestellt, dass der in einer Lücke durchgelassene Lichtstrahl in der nächsten Lücke wieder zurückkommt. Bei dieser Frequenz betrage die Geschwindigkeit am Rand des Zahnrades (also bei Lücken und Zähnen)  $v = 140$  m/s. Wie groß ist die Strecke  $d$  vom Zahnrad bis zum Spiegel? Rechnen Sie mit einer Lichtgeschwindigkeit von  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s.
- Wovon hängt die Genauigkeit der Methode ab?

## Aufgabe 4

4 Punkte

In der Vorlesung wurde für ein zeitlich veränderliches elektrisches Feld  $\vec{E}(\vec{r}, t)$  im Vakuum die Wellengleichung  $\Delta \vec{E} = \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$  hergeleitet. Das elektrische Feld breitet sich demzufolge als Welle mit der Lichtgeschwindigkeit  $c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$  aus.

Leiten Sie aus den Maxwell-Gleichungen eine analoge Wellengleichung für die magnetische Flussdichte  $\vec{B}(\vec{r}, t)$  im Vakuum her.