

Aufgaben 5 **Bildentstehung, Spiegel und Linsen** **Bildentstehung bei brechenden sphärischen Oberflächen**

Lernziele

- sich aus dem Studium eines schriftlichen Dokumentes neue Kenntnisse und Fähigkeiten erarbeiten können.
- einen bekannten oder neuen Sachverhalt analysieren und beurteilen können.
- eine neue Problemstellung selbstständig bearbeiten und in einer Gruppe diskutieren können.
- wissen und verstehen, wie die Hauptstrahlen an einer konvexen/konkaven sphärischen Oberfläche gebrochen werden.
- mit Hilfe der Hauptstrahlen das Bild eines Gegenstandes bei einer brechenden konvexen/konkaven sphärischen Oberfläche von Hand konstruieren können.
- beurteilen können, ob ein Bild bei einer brechenden konvexen/konkaven sphärischen Oberfläche reell oder virtuell ist.
- alle bei einer brechenden konvexen/konkaven sphärischen Oberfläche auftretenden Fälle für die Existenz und Eigenschaft eines Bildes kennen und verstehen.
- die Abbildungsgleichung für brechende sphärische Oberflächen kennen, verstehen und anwenden können.
- die Gleichung für die Lateralvergrößerung des Bildes bei einer brechenden sphärischen Oberfläche kennen, verstehen und anwenden können.
- die Vorzeichenregeln für die in den genannten Gleichungen auftretenden Grössen kennen.

Aufgaben

- 5.1 Studieren Sie im Lehrbuch Tipler/Mosca den folgenden Abschnitt:
- 29.2 Linsen (bis zur Frage 29.4, Seiten 1053 bis 1056)
- 5.2 Für die Bildentstehung an einer brechenden sphärischen Oberfläche drückt die folgende Gleichung den Zusammenhang zwischen der Gegenstandsweite g und der Bildweite b aus (Lehrbuch Tipler/Mosca, Formel 29.6, Seite 1053):

$$\frac{n_1}{g} + \frac{n_2}{b} = \frac{n_2 - n_1}{r}$$

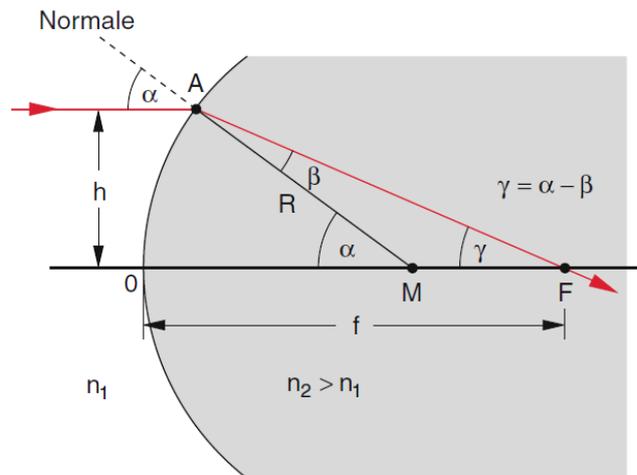
Diese Formel wurde für den Fall $n_2 > n_1$ hergeleitet, gilt aber auch für $n_2 < n_1$ (vgl. Lehrbuch Tipler/Mosca, Beispiel 29.6, Seite 1055).

In dieser Aufgabe soll jedoch nur der Fall $n_2 > n_1$ betrachtet werden.

- a) Lösen Sie die Formel nach der Bildweite b auf.
- b) Betrachten Sie den Fall, dass die sphärische Oberfläche **konvex** ist, d.h. $r > 0$.
- Beurteilen Sie mit Hilfe des Resultates aus a), für welche Gegenstandsweite(n) g ...
- i) ... ein reelles Bild existiert.
 - ii) ... ein virtuelles Bild existiert.
 - iii) ... kein Bild existiert.
- c) Betrachten Sie nun den Fall, dass die sphärische Oberfläche **konkav** ist, d.h. $r < 0$.
- Beurteilen Sie mit Hilfe des Resultates aus a), für welche Gegenstandsweite(n) g ...
- i) ... ein reelles Bild existiert.
 - ii) ... ein virtuelles Bild existiert.
 - iii) ... kein Bild existiert.

- 5.3 Skizzieren Sie von Hand die Bilder eines Gegenstandes bei einer brechenden sphärischen Oberfläche.
- Zeichnen Sie die sphärische Oberfläche und den Gegenstand (als Pfeil) auf ein Blatt Papier. Skizzieren Sie dann für alle in der Aufgabe 5.2 aufgeführten Fälle das entsprechende Bild.
- Gehen Sie im Sinne der Abbildung 29.24 (Lehrbuch Tipler/Mosca, Seite 1053) vor.

- 5.4 Ein Lichtstrahl fällt im Abstand h parallel zur Symmetrieachse auf eine sphärische Grenzfläche zwischen zwei Medien mit den Brechzahlen n_1 und n_2 ($n_2 > n_1$):



(Quelle: Demtröder, Experimentalphysik 2, Seite 270, ISBN 978-3-642-29943-8)

Der Strahl wird am Auftreffpunkt A gebrochen, pflanzt sich im homogenen Medium geradlinig fort und schneidet im Brennpunkt F die Symmetrieachse.

- a) Zeigen Sie, dass für die Brennweite f gilt:

$$f = \left(1 + \frac{\sin(\beta)}{\sin(\alpha - \beta)}\right) R$$

Hinweis:

- Wenden Sie im Dreieck AMF den Sinus-Satz an.

- b) Zeigen Sie, dass sich die in a) hergeleitete Beziehung unter der Annahme kleiner Winkel umformen lässt zu:

$$f = \frac{n_2}{n_2 - n_1} R$$

Hinweise:

- Verwenden Sie ein geeignetes trigonometrisches Additionstheorem.

- Setzen Sie $\cos(\alpha) \approx 1$ und $\cos(\beta) \approx 1$.

- Wenden Sie das Brechungsgesetz an.

- c) Finden Sie einen Zusammenhang zwischen der in b) hergeleiteten Formel und der Formel in der Aufgabe 5.2.

Hinweis:

- Überlegen Sie sich, wie gross die Bildweite b für einen unendlich weit entfernten Gegenstand ist.

- d) Zeigen Sie, dass zwischen der Gegenstandsweite g , der Bildweite b und der Brennweite f die folgende Beziehung gilt:

$$\frac{n_1}{g} + \frac{n_2}{b} = \frac{n_2}{f}$$

Hinweis:

- Kombinieren Sie die in b) hergeleitete Formel mit der Formel in der Aufgabe 5.2.

- e) Vergleichen Sie die in d) hergeleitete Beziehung mit der entsprechenden Beziehung für die Bildentstehung bei Spiegeln.

- 5.5 (siehe nächste Seite)

5.5 Ein Gegenstand der Grösse $G = 10.0$ cm befindet sich im Abstand $g = 80.0$ cm vor einer brechenden konvexen sphärischen Oberfläche mit dem Radius $r = 30.0$ cm. Die Brechzahlen der beiden Medien sind $n_1 = 1.00$ und $n_2 = 1.50$.

- a) Bestimmen Sie ...
 - i) ... die Bildweite b .
 - ii) ... die Lateralvergrößerung V .
- b) Beurteilen Sie, ob das Bild ...
 - i) ... reell oder virtuell ist.
 - ii) ... aufrecht oder verkehrt ist.
 - iii) ... gegenüber dem Gegenstand gleich gross, vergrößert oder verkleinert ist.

5.6 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgenden Aufgaben:
A29.13, A29.14

5.7 Beurteilen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.
Kreuzen Sie das entsprechende Kästchen an.

- | | wahr | falsch |
|---|--------------------------|--------------------------|
| a) Eine brechende konvexe sphärische Oberfläche kann sowohl reelle als auch virtuelle Bilder erzeugen. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) Eine brechende konkave sphärische Oberfläche kann nur reelle Bilder erzeugen. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) Das Bild an einer brechenden konvexen sphärischen Oberfläche ist immer verkleinert. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d) Bei einer brechenden sphärischen Oberfläche ist die Lateralvergrößerung gleich dem Verhältnis von Bildweite zu Gegenstandsweite. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e) Bei einer brechenden sphärischen Oberfläche gibt es nie Bilder, die gleich gross sind wie der Gegenstand. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Lösungen

5.1 ...

5.2 a) $b = \frac{n_2 r}{(n_2 - n_1) g - n_1 r} g$

- b) - reelles Bild, falls $b > 0$
 - virtuelles Bild, falls $b < 0$
 - kein Bild, falls $b \rightarrow \infty$

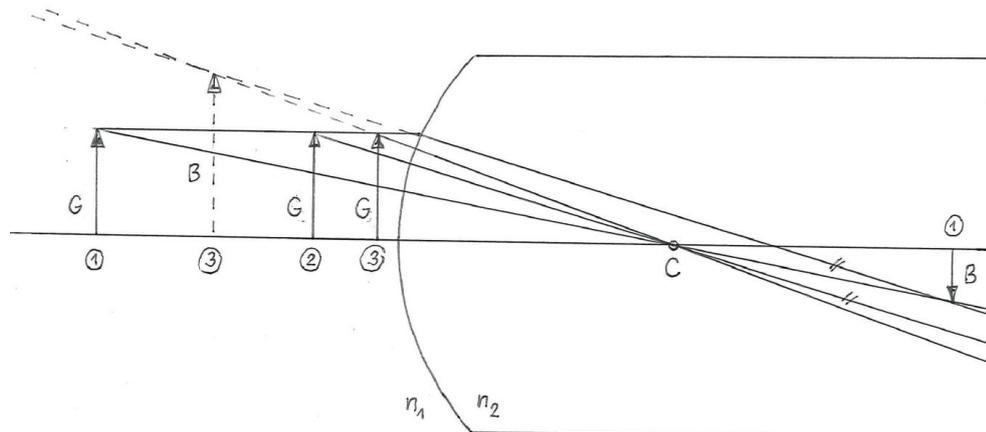
i) reelles Bild ($b > 0$), falls $g > \frac{n_1}{n_2 - n_1} r$

ii) virtuelles Bild ($b < 0$), falls $g < \frac{n_1}{n_2 - n_1} r$

iii) kein Bild ($b \rightarrow \infty$), falls $g = \frac{n_1}{n_2 - n_1} r$

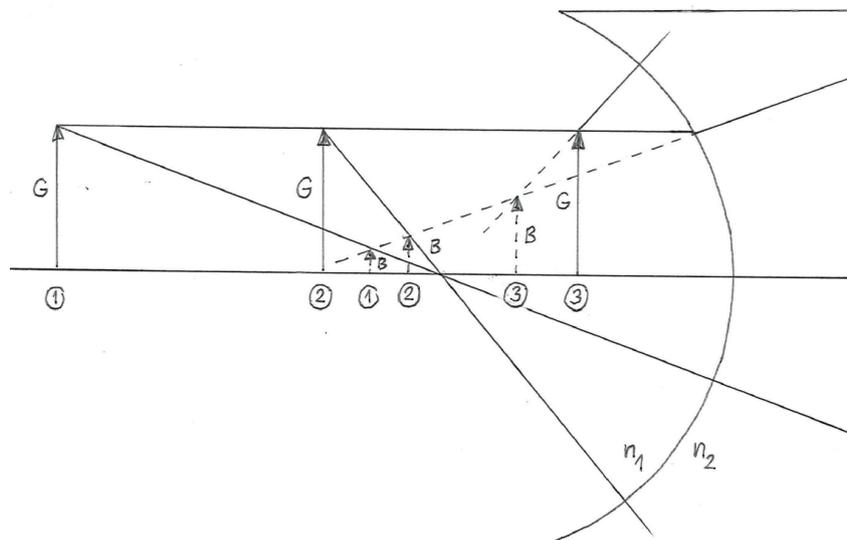
- c) $b < 0$ für alle g , da $r < 0$
 Es existiert immer ein virtuelles Bild, unabhängig von g .

5.3 **Konvexe sphärische Oberfläche:**



Je nach Gegenstandsweite g gibt es ein reelles, ein virtuelles oder gar kein Bild.

Konkave sphärische Oberfläche:



Es existiert immer ein virtuelles Bild, unabhängig von der Gegenstandsweite g .

- 5.4 a) ...
b) ...
c) Im Grenzfall $g \rightarrow \infty$ gilt $b = f$.
Für $g \rightarrow \infty$ und $b = f$ gehen die beiden Formeln ineinander über.
d) ...
e) ...

- 5.5 a) i) $b = 360 \text{ cm}$
ii) $V = - 3.00$
b) i) reell, da $b > 0$
ii) verkehrt, da $V < 0$
iii) vergrößert, da $|V| > 1$

5.6 ...

Hinweise zur Lösung von A29.13 im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca:

- Die Vorzeichenwahl ($r < 0$, $g < 0$) ist unglücklich.
- Verwenden Sie $g = + 10 \text{ cm}$, $r = - 20 \text{ cm}$ (konkave Oberfläche)
- Für die Bildweite ergibt sich dann bei a) $b = - 8.6 \text{ cm}$ und bei b) $b = - 36 \text{ cm}$ ($b < 0$, da virtuelles Bild auf Einfallsseite)

- 5.7 a) wahr
b) falsch
c) falsch
d) falsch
e) falsch