

Aufgaben 6 **Bildentstehung, Spiegel und Linsen** **Bildentstehung und Bildkonstruktion bei dünnen sphärischen Linsen**

Lernziele

- sich aus dem Studium eines schriftlichen Dokumentes neue Kenntnisse und Fähigkeiten erarbeiten können.
- einen bekannten oder neuen Sachverhalt analysieren und beurteilen können.
- aus einem Experiment neue Erkenntnisse gewinnen können.
- eine neue Problemstellung selbstständig bearbeiten und in einer Gruppe diskutieren können.
- die Bildentstehung bei einer dünnen sphärischen Sammellinse und einer dünnen sphärischen Zerstreuungslinse verstehen.
- wissen und verstehen, wie die Hauptstrahlen an einer dünnen sphärischen Sammellinse und einer dünnen sphärischen Zerstreuungslinse gebrochen werden.
- mit Hilfe der Hauptstrahlen das Bild eines Gegenstandes bei einer dünnen sphärischen Sammellinse und einer dünnen sphärischen Zerstreuungslinse von Hand konstruieren können.
- beurteilen können, ob ein Bild bei einer dünnen sphärischen Sammellinse und einer dünnen sphärischen Zerstreuungslinse reell oder virtuell ist.
- alle bei einer dünnen sphärischen Sammellinse und einer dünnen sphärischen Zerstreuungslinse auftretenden Fälle für die Existenz und Eigenschaft eines Bildes kennen und verstehen.
- die Abbildungsgleichung für dünne sphärische Linsen kennen, verstehen und anwenden können.
- die Gleichung für die Lateralvergrößerung des Bildes bei einer dünnen sphärischen Linse kennen, verstehen und anwenden können.
- die Vorzeichenregeln für die in den genannten Gleichungen auftretenden Größen kennen.

Aufgaben

- 6.1 Studieren Sie im Lehrbuch Tipler/Mosca den folgenden Abschnitt:
- 29.2 Linsen (Teile „Dünne Linsen“ und „Die Bildkonstruktion bei Linsen“, Seiten 1073 bis 1079)

Hinweis:

- Auf der Seite 1075 gibt es einen Fehler im Text. Im zweitletzten Satz zuunterst auf der Seite sollte es heissen: „..., wenn die Brechzahl des Linsenmaterials **grösser** ist als die des umgebenden Mediums.“

- 6.2 **Experimente Posten 1: Sammellinse, Zerstreuungslinse (30 min)**

(Optische Profilbank, Linse $f = +100$ mm bzw. $f = -50$ mm auf Reiter, Perl-L als Gegenstand)

- a) *Sammellinse* ($f = +100$ mm)

- Suchen Sie reelle und virtuelle Bilder des Gegenstandes (Perl-L). Variieren Sie dabei die Gegenstandsweite g .
- Messen Sie jeweils die Bildweite b und die Bildgrösse B .
- Überprüfen Sie für alle gefundenen Bilder quantitativ die Abbildungsgleichung für dünne sphärische Linsen (Lehrbuch Tipler/Mosca, Formel 29.12, Seite 1074):

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

und die Lateralvergrößerung (Lehrbuch Tipler/Mosca, Formel 29.14, Seite 1078):

$$V = \frac{B}{G} = -\frac{b}{g}$$

Alternative zum Experiment

Im Unterricht wird ein Bild des Experimentes gezeigt.

- b) *Zerstreuungslinse* ($f = -50$ mm)

(gleiche Aufgaben wie bei der Sammellinse)

Alternative zum Experiment

keine

- 6.3 Konstruieren Sie von Hand die Bilder eines Gegenstandes bei einer sphärischen Sammell- bzw. Zerstreuungslinse.

Skizzieren Sie die Linse und den Gegenstand (als Pfeil) auf ein Blatt Papier. Konstruieren Sie dann für alle angegebenen Fälle für die Gegenstandsweite g (im Vergleich zur Brennweite f) mit Hilfe der Hauptstrahlen das entsprechende Bild.

a) *Sammellinse* ($f > 0$)

- | | | | | | |
|-----|----------|-----|----------|------|--------------|
| i) | $g < f$ | ii) | $g = f$ | iii) | $f < g < 2f$ |
| iv) | $g = 2f$ | v) | $g > 2f$ | | |

b) *Zerstreuungslinse* ($f < 0$)

- | | | | | | |
|-----|-----------|-----|-----------|------|----------------|
| i) | $g < -f$ | ii) | $g = -f$ | iii) | $-f < g < -2f$ |
| iv) | $g = -2f$ | v) | $g > -2f$ | | |

- 6.4 (Voraussetzung: Aufgabe 6.3 bearbeitet)

Studieren Sie die folgenden **Applets**:

- [Linsenmachergleichung](#)
- [Bilder bei der sphärischen Sammellinse](#)
- [Bilder bei der sphärischen Zerstreuungslinse](#)

- 6.5 (Voraussetzung: Aufgabe 6.3 bearbeitet)

Erstellen Sie für eine sphärische Sammell- und eine sphärische Zerstreuungslinse je eine Tabelle, die für alle in der Aufgabe 6.3 angegebenen Fälle die folgenden Informationen enthält:

- a) Beurteilung, ob das Bild ...
- ... überhaupt existiert.
 - ... reell oder virtuell ist.
 - ... sich vor oder hinter der Linse befindet.
 - ... aufrecht oder verkehrt ist.
 - ... im Vergleich zum Gegenstand gleich gross, vergrössert oder verkleinert ist.
- b) Vorzeichen ...
- ... der Brennweite f .
 - ... der Bildweite b .
 - ... der Bildgrösse B .
 - ... der Lateralvergrösserung V .
- c) Betrag der Lateralvergrösserung V : $|V| = 1$, $|V| > 1$, $|V| < 1$

- 6.6 Vergleichen Sie die Tabellen, die Sie in den Aufgaben 6.5 (dünne sphärische Linsen) und 4.5 (sphärische Spiegel) erstellt haben.

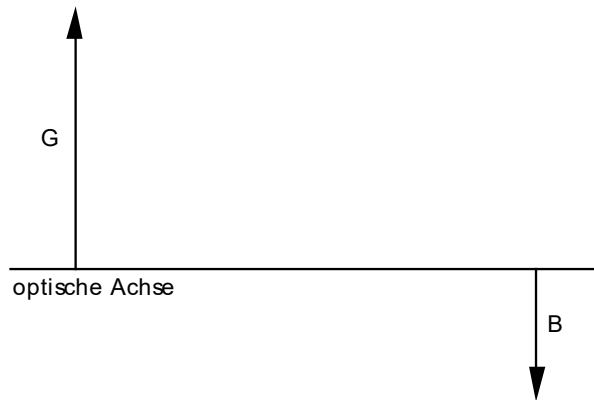
Formulieren Sie eine Analogie zwischen dünnen sphärischen Linsen und sphärischen Spiegeln.

- 6.7 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgenden Aufgaben: 29.3, 29.4, 29.5, 29.18, 29.19, 29.22, 29.23, 29.36, 29.38

Hinweis zu 29.38 a):

- In der Aufgabenstellung ist das negative Vorzeichen auf der rechten Seite der Formel falsch. In den Lösungen ist der Term jedoch richtig geschrieben (ohne Minuszeichen).

- 6.8 Von einem Gegenstand (Gegenstandsgrösse G) wurde mit einer sphärischen Sammellinse ein Bild (Bildgrösse B) erzeugt:



Konstruieren Sie in der Zeichnung die Position der Linse und die Brennweite f .

- 6.9 Eine dünne sphärische Linse soll 60 cm hinter einem Gegenstand aufgestellt werden, damit der Gegenstand in natürlicher Grösse reell abgebildet wird.

Bestimmen Sie den notwendigen Typ und die notwendige Brennweite der Linse.

- 6.10 Ein Gegenstand soll mit Hilfe einer dünnen sphärischen Sammellinse mit der bekannten Brennweite f mit n -facher Vergrößerung reell abgebildet werden.

Bestimmen Sie, wie weit der Gegenstand vor der Linse aufgestellt werden muss, und wie weit das Bild von der Linse entfernt liegt.

- 6.11 Für ein Projektionsgerät (z.B. Dia-Projektor) in einem Raum soll ein geeignetes Objektiv angeschafft werden.

Der Raum ist 9.00 m lang. An der Stirnseite befindet sich die quadratische Projektionsleinwand mit 180 cm Seitenlänge. Die zu projizierenden Objekte (z.B. Dias) haben die Abmessung 24.0 mm x 36.0 mm.

Im Handel seien nur Objektive der Brennweiten 50 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm und 300 mm erhältlich.

Bestimmen Sie, welches Objektiv anzuschaffen ist.

Hinweis:

- Betrachten Sie das Objektiv in grober Näherung als dünne sphärische Linse.

- 6.12 Beurteilen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.

Kreuzen Sie das entsprechende Kästchen an.

	wahr	falsch
a) Jede sphärische Sammellinse ist bikonkav.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Nur Hauptstrahlen durchsetzen eine sphärische Linse ungebrochen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Alle Strahlen, welche parallel zur optischen Achse auf eine sphärische Sammellinse treffen, werden so gebrochen, dass sie durch einen der Brennpunkte der Linse verlaufen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Die Brennweite einer sphärischen Zerstreuungslinse ist gerade so gross wie der Krümmungsradius ihrer Oberfläche.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Eine sphärische Zerstreuungslinse kann sowohl reelle als auch virtuelle Bilder eines Gegenstandes erzeugen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Lösungen

6.1 ...

6.2 ...

6.3 (siehe Aufgabe 6.4)

6.4 ...

6.5

		Sammellinse $f > 0$						
g	Bild				b	B	V	
$g < f$	virtuell	vor der Linse	aufrecht	vergrössert	$b < 0$	$B > 0$	$V > 0, V > 1$	
$g = f$	kein Bild							
$f < g < 2f$	reell	hinter der Linse	verkehrt	vergrössert	$b > 0$	$B < 0$	$V < 0, V > 1$	
$g = 2f$	reell	hinter der Linse	verkehrt	gleich gross	$b > 0$	$B < 0$	$V < 0, V = 1$	
$g > 2f$	reell	hinter der Linse	verkehrt	verkleinert	$b > 0$	$B < 0$	$V < 0, V < 1$	

		Zerstreuungslinse $f < 0$						
g	Bild				b	B	V	
$g < f$	virtuell	vor der Linse	aufrecht	verkleinert	$b < 0$	$B > 0$	$V > 0, V < 1$	
$g = f$	virtuell	vor der Linse	aufrecht	verkleinert	$b < 0$	$B > 0$	$V > 0, V < 1$	
$f < g < 2f$	virtuell	vor der Linse	aufrecht	verkleinert	$b < 0$	$B > 0$	$V > 0, V < 1$	
$g = 2f$	virtuell	vor der Linse	aufrecht	verkleinert	$b < 0$	$B > 0$	$V > 0, V < 1$	
$g > 2f$	virtuell	vor der Linse	aufrecht	verkleinert	$b < 0$	$B > 0$	$V > 0, V < 1$	

6.6 Bei der Bildentstehung verhält sich ...

- ... die dünne sphärische Sammellinse analog zum sphärischen Hohlspiegel.
- ... die dünne sphärische Zerstreuungslinse analog zum sphärischen Wölbspiegel.

6.7 ...

Hinweis zur Lösung von 29.36 a) im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca:

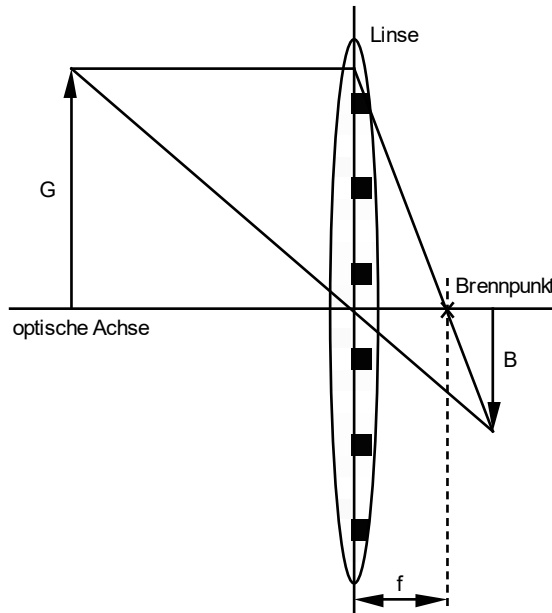
- In der letzten Textzeile fehlt ein Minuszeichen: Es sollte heissen: «und wir erhalten $b = -2g = \dots$ »

Hinweise zur Lösung von 29.38 a) im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca:

- In der zweiten Formelzeile sollte es im Zähler des zweiten Bruches « n_w » (statt « n ») heissen.
- Als Alternative könnte man von der Linsenmachergleichung für dünne sphärische Linsen ausgehen (siehe Formelsammlung), und zwar für $n_{\text{Umgebung}} = n_{\text{Luft}}$ bzw. $n_{\text{Umgebung}} = n_{\text{Wasser}}$.

6.8 (siehe nächste Seite)

6.8



6.9 - Abbildungsgleichung
 - Gleichung für die Lateralvergrößerung mit $V := -1$

⇒ Sammellinse
 $f = \frac{g}{2} = 30 \text{ cm}$

6.10 - Abbildungsgleichung
 - Gleichung für die Lateralvergrößerung mit $V := -n$

⇒ $b = (1 + n) f$
 $g = \left(1 + \frac{1}{n}\right) f$

6.11 Aus der Abbildungsgleichung für dünne sphärische Linsen und der Gleichung für die Lateralvergrößerung folgt mit der Bildweite $b = 9.00 \text{ m}$, der Gegenstandsgrösse $G = 0.0360 \text{ m}$ und der Bildgrösse $B = -1.80 \text{ m}$

$$f = \frac{1}{1 - \frac{B}{G}} b = 0.176 \text{ m} = 176 \text{ mm}$$

Wird die Projektionsdistanz etwas verkürzt, also b etwas verkleinert, wird die Brennweite f ebenfalls kleiner (bitte nachprüfen, nebst b wird auch $|B|$ kleiner!).

Daher wäre 150 mm eine sinnvolle Wahl für die Objektivbrennweite.

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