

## Aufgaben 7 **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 Sammell-/Zerstreuungslinse verstehen.
- wissen und verstehen, wie die Hauptstrahlen an einer dünnen sphärischen Sammell-/Zerstreuungslinse gebrochen werden.
- mit Hilfe der Hauptstrahlen das Bild eines Gegenstandes bei einer dünnen sphärischen Sammell-/Zerstreuungslinse von Hand konstruieren können.
- beurteilen können, ob ein Bild bei einer dünnen sphärischen Sammell-/Zerstreuungslinse reell oder virtuell ist.
- alle bei einer dünnen sphärischen Sammell-/Zerstreuungslinse auftretenden Fälle für die Existenz und Eigenschaft eines Bildes kennen und verstehen.
- die Abbildungsgleichung für dünne sphärische Sammell-/Zerstreuungslinse kennen, verstehen und anwenden können.
- die Gleichung für die Lateralvergrößerung des Bildes bei einer dünnen sphärischen Sammell-/Zerstreuungslinse kennen, verstehen und anwenden können.
- die Vorzeichenregeln für die in den genannten Gleichungen auftretenden Grössen kennen.

### Aufgaben

- 7.1 Studieren Sie im Lehrbuch Tipler/Mosca den folgenden Abschnitt:  
- 29.2 Linsen (Teile „Dünne Linsen“ und „Die Bildkonstruktion bei Linsen“, Seiten 1056 bis 1062)

7.2 **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 Gegenstandsgrösse  $G$ .
- Überprüfen Sie für alle gefundenen Bilder quantitativ die Abbildungsgleichung für dünne sphärische Linsen (Lehrbuch Tipler/Mosca, Formel 29.12, Seite 1057):

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

und die Lateralvergrößerung (Lehrbuch Tipler/Mosca, Formel 29.14, Seite 1060):

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

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

(gleiche Aufgaben wie bei der Sammellinse)

7.3 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)  | $g > -2f$ |      |                |

7.4 (Voraussetzung: Aufgabe 7.3 bearbeitet)

Studieren Sie die folgenden Applets:

- Linsenmachergleichung
- Bilder bei der sphärischen Sammellinse
- Bilder bei der sphärischen Zerstreuungslinse

Hinweis:

- Die Links zu den Applets finden Sie unter <http://www.thomasborer.ch> → Physik → Dokumente/Applets

7.5 (Voraussetzung: Aufgabe 7.3 bearbeitet)

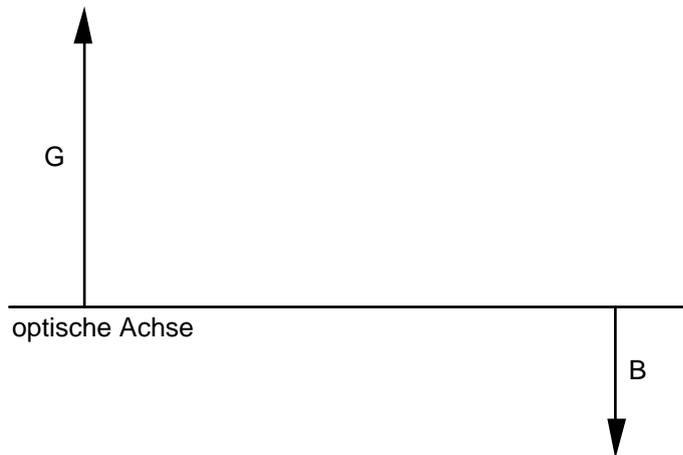
Erstellen Sie für eine sphärische Sammell- und eine sphärische Zerstreuungslinse je eine Tabelle, die für alle in der Aufgabe 7.3 angegebenen Fälle die folgenden Informationen enthält:

- a) Beurteilung, ob das Bild ...
- i) ... überhaupt existiert.
  - ii) ... reell oder virtuell ist.
  - iii) ... aufrecht oder verkehrt ist.
  - iv) ... im Vergleich zum Gegenstand gleich gross, vergrössert oder verkleinert ist.
- b) Vorzeichen ...
- i) ... der Brennweite  $f$ .
  - ii) ... der Bildweite  $b$ .
  - iii) ... der Bildgrösse  $B$ .
- c) Beurteilung, ob die Lateralvergrößerung  $V$  ...
- i) ... positiv oder negativ ist.
  - ii) ... betragsmässig gleich eins ( $|V| = 1$ ), grösser als eins ( $|V| > 1$ ) oder kleiner als eins ( $|V| < 1$ ) ist.

7.6 Vergleichen Sie die Tabellen, die Sie in den Aufgaben 7.5 (Linsen) und 5.5 (Spiegel) erstellt haben. Formulieren Sie eine Analogie zwischen sphärischen Linsen und sphärischen Spiegeln.

7.7 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgenden Aufgaben: A29.3, A29.4, A29.5, A29.15, A29.16, A29.19, A29.20, A29.33, A29.35

- 7.8 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  $f$ .

- 7.9 Welche Brennweite muss eine sphärische Linse haben, wenn ein Gegenstand, der sich 60 cm vor ihr befindet, in natürlicher Grösse reell abgebildet werden soll?
- 7.10 Ein Gegenstand soll durch eine sphärische Sammellinse mit der bekannten Brennweite  $f$   $n$ -fach vergrössert abgebildet werden.  
 Bestimmen Sie, wie weit der Gegenstand vor der Linse aufgestellt werden muss, und wie weit das Bild von der Linse entfernt liegt.
- 7.11 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.
- 7.12 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 zum Hauptstrahl 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**

7.1 ...

7.2 ...

7.3 ...

7.4 ...

7.5

		<b>Sammellinse</b> $f > 0$						
$g$	Bild			$b$	$B$	$V$		
$g < f$	virtuell	aufrecht	vergrössert	$b < 0$	$B > 0$	$V > 0$	$ V  > 1$	
$g = f$	kein Bild							
$f < g < 2f$	reell	verkehrt	vergrössert	$b > 0$	$B < 0$	$V < 0$	$ V  > 1$	
$g = 2f$	reell	verkehrt	gleich gross	$b > 0$	$B < 0$	$V < 0$	$ V  = 1$	
$g > 2f$	reell	verkehrt	verkleinert	$b > 0$	$B < 0$	$V < 0$	$ V  < 1$	

		<b>Zerstreuungslinse</b> $f < 0$						
$g$	Bild			$b$	$B$	$V$		
$g < f$	virtuell	aufrecht	verkleinert	$b < 0$	$B > 0$	$V > 0$	$ V  < 1$	
$g = f$	virtuell	aufrecht	verkleinert	$b < 0$	$B > 0$	$V > 0$	$ V  < 1$	
$f < g < 2f$	virtuell	aufrecht	verkleinert	$b < 0$	$B > 0$	$V > 0$	$ V  < 1$	
$g = 2f$	virtuell	aufrecht	verkleinert	$b < 0$	$B > 0$	$V > 0$	$ V  < 1$	
$g > 2f$	virtuell	aufrecht	verkleinert	$b < 0$	$B > 0$	$V > 0$	$ V  < 1$	

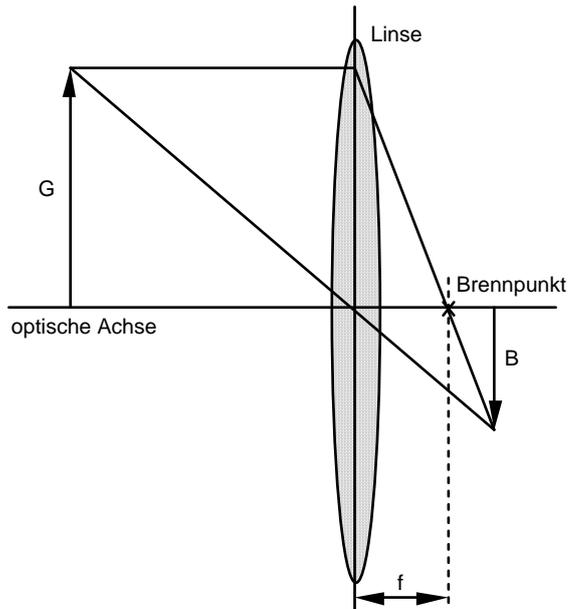
7.6 Bei der Bildentstehung verhält sich ...

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

7.7 ...

7.8 (siehe nächste Seite)

7.8



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

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

7.11 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  $B = -1.80 \text{ m}$

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

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  $150 \text{ mm}$  eine sinnvolle Wahl für die Objektivbrennweite.

- 7.12
- a) falsch
  - b) falsch
  - c) wahr
  - d) falsch
  - e) falsch