

Aufgaben 4 Geometrische Optik

Bildentstehung/Bildkonstruktion bei dünnen sphärischen Linsen

Lernziele

- die Bildentstehung bei einer dünnen sphärischen Sammell- und einer dünnen sphärischen Zerstreuungslinse verstehen.
- wissen und verstehen, wie die Hauptstrahlen an einer dünnen sphärischen Sammell- und einer dünnen sphärischen Zerstreuungslinse gebrochen werden.
- mit Hilfe der Hauptstrahlen das Bild eines Gegenstandes bei einer dünnen sphärischen Sammell- und einer dünnen sphärischen Zerstreuungslinse von Hand konstruieren können.
- beurteilen können, ob ein Bild bei einer dünnen sphärischen Sammell- und einer dünnen sphärischen Zerstreuungslinse reell oder virtuell ist.
- alle bei einer dünnen sphärischen Sammell- 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.
- einen Sachverhalt analysieren und beurteilen können.
- eine Problemstellung selbstständig bearbeiten können.

Aufgaben

- 4.1 Eine dünne bikonvexe sphärische Linse besteht aus Glas mit der Brechzahl 1.50. Die Krümmungsradien der Linsenoberflächen betragen 10 cm und 15 cm. 10 cm vor der Linse befindet sich ein Gegenstand.
- a) Bestimmen Sie die Brennweite der Linse.
 - b) Bestimmen Sie die Bildweite des vom Gegenstand entstehenden Bildes.

- 4.2 Konstruieren Sie von Hand die Bilder eines Gegenstandes bei einer sphärischen Sammell- bzw. Zerstreuungslinse.
- Skizzieren Sie zuerst die Linse und den Gegenstand (als Pfeil). Konstruieren Sie dann für alle angegebenen Fälle für die Gegenstandsweite g (im Vergleich zur Brennweite f) mit Hilfe der Hauptstrahlen das entsprechende Bild.

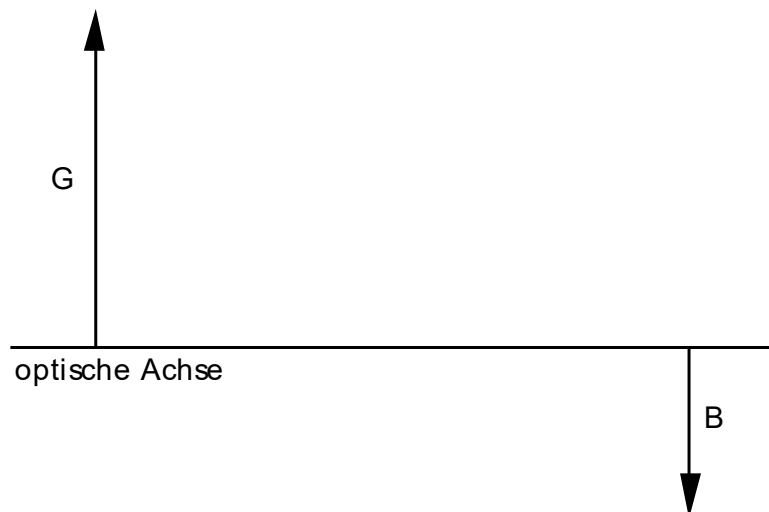
- a) *Sammellinse* ($f > 0$)
 - i) $g < f$ ii) $g = f$ iii) $f < g < 2f$
 - iv) $g = 2f$ v) $g > 2f$
- b) *Zerstreuungslinse* ($f < 0$)
 - i) $g < -f$ ii) $g = -f$ iii) $-f < g < -2f$
 - iv) $g = -2f$ v) $g > -2f$

Hinweis:

- Bearbeiten Sie diese Aufgabe 4.2 gleichzeitig mit der folgenden Aufgabe 4.3.

- 4.3 Studieren Sie die folgenden **Applets**:
- [Bilder bei der sphärischen Sammellinse](#) (1)
 - [Bilder bei der sphärischen Zerstreuungslinse](#) (1)
- 4.4 (siehe nächste Seite)

- 4.4 Erstellen Sie für eine sphärische Sammell- und eine sphärische Zerstreuungslinse je eine Tabelle, die für alle in der Aufgabe 4.2 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 : $|V| = 1$, $|V| > 1$, $|V| < 1$
- 4.5 Vergleichen Sie die Tabellen, die Sie in den Aufgaben 4.4 (dünne sphärische Linsen) und 2.6 (sphärische Spiegel) erstellt haben.
Formulieren Sie eine Analogie zwischen dünnen sphärischen Linsen und sphärischen Spiegeln.
- 4.6 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgenden Aufgaben:
29.3, 29.4, 29.5, 29.18, 29.19, 29.36
- 4.7 Von einem Gegenstand (Gegenstandsgrösse G) wurde mit einer sphärischen Sammellinse ein Bild (Bildgrösse B) erzeugt:



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

- 4.8 Ein Gegenstand soll mit Hilfe einer dünnen sphärischen Sammellinse mit der bekannten Brennweite f mit (bekannter) x -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.

- 4.9 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.

- 4.10 Führen Sie in Moodle den [Test 4.1](#) durch.

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

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

Lehrbuch Tipler/Mosca

Teil VI Optik

29 Geometrische Optik

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.“

Lösungen

- 4.1 a) $f = 12 \text{ cm}$
b) $b = -60 \text{ cm}$

4.2 ...

4.3 -

4.4

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	$b < 0$	$B > 0$	$V > 0, V < 1$

4.5 Bei der Bildentstehung verhält sich ...

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

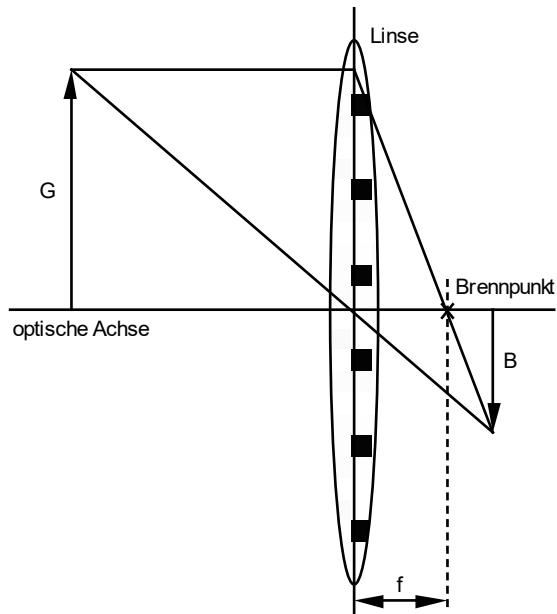
4.6 (siehe Arbeitsbuch Mills)

Hinweis zur Lösung von 29.36 a) im Arbeitsbuch Mills:

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

4.7 (siehe nächste Seite)

4.7



- 4.8 - Abbildungsgleichung
- Gleichung für die Lateralvergrößerung mit $V := -x$

$$\Rightarrow \quad b = (1 + x) f$$

$$g = \left(1 + \frac{1}{x}\right) f$$

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

$$f = \frac{1}{\left(1 - \frac{G}{B}\right)\left(1 - \frac{B}{G}\right)} d = 0.173 \text{ m} = 173 \text{ mm}$$

d könnte etwas verkleinert werden. Eine Verkleinerung von d bewirkt offensichtlich eine Verkleinerung von f . Daher wäre 150 mm eine sinnvolle Wahl für die Objektbrennweite.

4.10 -

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