

## Aufgaben 3 **Bildentstehung, Spiegel und Linsen** **Bildentstehung bei Planspiegeln und sphärischen Spiegeln**

### 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.
- wissen und verstehen, wie Lichtstrahlen an einem Planspiegel, einem sphärischen Hohl- und einem sphärischen Wölbspiegel reflektiert werden.
- beurteilen können, ob ein bei einem Planspiegel, einem sphärischen Hohl- und einem sphärischen Wölbspiegel beobachtetes Bild reell oder virtuell ist.
- die Bildentstehung bei einem Planspiegel, einem sphärischen Hohl- und einem sphärischen Wölbspiegel aus dem Verlauf von einfallenden und reflektierten Lichtstrahlen verstehen.
- den Verlauf eines an zwei oder drei Planspiegeln reflektierten Lichtstrahls kennen und verstehen.
- den Unterschied des Reflexionsverhaltens zwischen einem sphärischen und einem parabolischen Hohlspiegel kennen und verstehen.

### Aufgaben

- 3.1 Studieren Sie im Lehrbuch Tipler/Mosca den folgenden Abschnitt:  
- 29.1 Spiegel (nur Teil „Ebene Spiegel“, Seiten 1060 bis 1062)

3.2 **Experimente Posten 1: Planspiegel, Hohlspiegel, Wölbspiegel (40 min)**

a) *Planspiegel* (Planspiegel auf Träger)

Lichtstrahlen treffen auf einen ebenen Spiegel (Planspiegel) und werden an ihm reflektiert.

- i) Beobachten Sie grundsätzlich, wie Lichtstrahlen (Blende für fünf Lichtstrahlen) an einem ebenen Spiegel reflektiert werden (Einfallswinkel, Ausfallswinkel). Variieren Sie dabei den Einfallswinkel.

**Alternative zum Experiment**

*keine*

- ii) Markieren Sie auf dem Blatt einen Punkt P. Lassen Sie bei gleichbleibender Lage des Spiegels nacheinander Lichtstrahlen (Blende für einen Lichtstrahl) aus verschiedenen Richtungen durch den Punkt P laufen. Beobachten Sie jeweils den reflektierten Strahl. Beurteilen Sie, ob sich alle diese reflektierten Strahlen oder deren rückwärtigen Verlängerungen in einem gemeinsamen Punkt P' treffen. Befindet sich an diesem Punkt P' ein reelles oder ein virtuelles Bild von P? Wiederholen Sie das Experiment für verschiedene Abstände des Punktes P vor dem Planspiegel.

**Alternative zum Experiment**

*Skizzieren Sie den Planspiegel sowie jeweils den einfallenden und den ausfallenden Strahl. Verwenden Sie dabei das Reflexionsgesetz.*

b) *Hohlspiegel* (Spiegel konkav-konvex, in Stellung konkav)

Lichtstrahlen treffen auf einen sphärischen Hohlspiegel und werden an ihm reflektiert.

„Sphärisch“ bedeutet, dass der Hohlspiegel kugelförmig, d.h. ein Teil einer Kugeloberfläche ist.

- i) Beobachten Sie grundsätzlich, wie Lichtstrahlen (Blende für fünf Lichtstrahlen) an einem sphärischen Hohlspiegel reflektiert werden. Variieren Sie dabei den Einfallswinkel. Gilt „Ausfallswinkel = Einfallswinkel“ wie beim Planspiegel? Argumentieren Sie mit einer sogenannten Tangentialebene.

**Alternative zum Experiment**

*Im Unterricht wird ein Bild des Experimentes gezeigt.*

- ii) Lassen Sie wie in i) parallele Strahlen auf den Hohlspiegel einfallen. Beurteilen Sie, ob bzw. wie genau sich die reflektierten Strahlen oder deren rückwärtigen Verlängerungen in einem gemeinsamen Punkt schneiden. Wiederholen Sie das Experiment für verschiedene Einfallswinkel und für verschiedene Abstände der einfallenden Strahlen von der sogenannten optischen Achse (Symmetrieachse des Hohlspiegels).

**Alternative zum Experiment**

*Im Unterricht wird ein Bild des Experimentes gezeigt.*

- iii) Markieren Sie auf dem Blatt einen Punkt P ausserhalb der optischen Achse. Lassen Sie bei gleichbleibender Lage des Spiegels nacheinander Lichtstrahlen (Blende für einen Lichtstrahl) aus verschiedenen Richtungen durch den Punkt P laufen. Beobachten Sie jeweils den reflektierten Strahl. Beurteilen Sie, ob sich alle diese reflektierten Strahlen oder deren rückwärtigen Verlängerungen in einem gemeinsamen Punkt P' treffen. Befindet sich an diesem Punkt P' ein reelles oder ein virtuelles Bild von P? Wiederholen Sie das Experiment für verschiedene Abstände des Punktes P vor dem Spiegel.

**Alternative zum Experiment**

*keine*

- c) **Wölbspiegel** (Spiegel konkav-konvex, in Stellung konvex)

Lichtstrahlen treffen auf einen sphärischen Wölbspiegel und werden an ihm reflektiert.

„Sphärisch“ bedeutet, dass der Wölbspiegel kugelförmig, d.h. ein Teil einer Kugeloberfläche ist.

- i) Beobachten Sie grundsätzlich, wie Lichtstrahlen (Blende für fünf Lichtstrahlen) an einem sphärischen Wölbspiegel reflektiert werden. Variieren Sie dabei den Einfallswinkel. Gilt „Ausfallswinkel = Einfallswinkel“ wie beim Planspiegel? Argumentieren Sie mit einer sogenannten Tangentialebene.

**Alternative zum Experiment**

*keine*

- ii) Lassen Sie wie in i) parallele Strahlen auf den Wölbspiegel einfallen. Beobachten Sie, ob bzw. wie genau sich die reflektierten Strahlen oder deren rückwärtigen Verlängerungen in einem gemeinsamen Punkt schneiden. Wiederholen Sie das Experiment für verschiedene Einfallswinkel und für verschiedene Abstände der einfallenden Strahlen von der sogenannten optischen Achse (Symmetrieachse des Wölbspiegels).

**Alternative zum Experiment**

*keine*

- iii) Markieren Sie auf dem Blatt einen Punkt P ausserhalb der optischen Achse. Lassen Sie bei gleichbleibender Lage des Spiegels nacheinander Lichtstrahlen (Blende für einen Lichtstrahl) aus verschiedenen Richtungen durch den Punkt P laufen. Beobachten Sie jeweils den reflektierten Strahl. Beurteilen Sie, ob sich alle diese reflektierten Strahlen oder deren rückwärtigen Verlängerungen in einem gemeinsamen Punkt P' treffen. Befindet sich an diesem Punkt P' ein reelles oder ein virtuelles Bild von P? Wiederholen Sie das Experiment für verschiedene Abstände des Punktes P vor dem Spiegel.

**Alternative zum Experiment**

*keine*

**Zusätzliche Alternative zur ganzen Aufgabe 3.2**

Studieren Sie das folgende **YouTube-Video**:

- [Reflexion am Spiegel](#)

**3.3 Experimente Posten 2: Planspiegel, Hohlspiegel, Wölbspiegel (10 min)**

- a) **Planspiegel**

Schauen Sie in den Planspiegel hinein. Beobachten Sie allfällige Bilder von sich. Beschreiben Sie deren Lage und Grösse (verglichen zu Ihnen als „Gegenstand“). Variieren Sie Ihren Abstand zum Spiegel. Handelt es sich bei den beobachteten Bildern um reelle oder virtuelle Bilder?

- b) *Hohlspiegel*  
(gleiche Aufgaben wie beim Planspiegel)
- c) *Wölbspiegel*  
(gleiche Aufgaben wie beim Planspiegel)

3.4 **Experimente Posten 3: 2 oder 3 Planspiegel** (10 min)

- a) *2 Planspiegel*  
Führen Sie die im Lehrbuch Tipler/Mosca geschilderten und in den Abbildungen 29.6 und 29.7 (Seiten 1061 und 1062) illustrierten Experimente mit zwei Planspiegeln durch, und machen Sie die entsprechenden Beobachtungen.
- b) *3 Planspiegel*  
Führen Sie das im Lehrbuch Tipler/Mosca im Textblock vor dem Teil „Sphärische Spiegel“ (Seiten 1061 und 1062) beschriebene Experiment mit drei aufeinander senkrecht stehenden Planspiegeln durch, und machen Sie die entsprechenden Beobachtungen.

**Alternative zu den Experimenten**  
*keine*

- 3.5 Studieren Sie im Lehrbuch Tipler/Mosca den folgenden Abschnitt:  
- 29.1 Spiegel (Teil „Sphärische Spiegel“ bis zur Formel 29.1, Seiten 1062 und 1063)

- 3.6 Betrachten Sie einen sphärischen Hohlspiegel mit Radius  $r$ . Ein zur optischen Achse paralleler Strahl trifft mit dem Einfallswinkel  $\alpha$  auf die Spiegelfläche.

- a) Zeigen Sie, dass der reflektierte Strahl die optische Achse im folgenden Abstand  $a$  von der Spiegelfläche schneidet:

$$a = \left(1 - \frac{1}{2 \cos(\alpha)}\right) \cdot r$$

- b) Begründen Sie mit Hilfe des in a) gezeigten Ausdruckes für den Abstand  $a$ , dass der Hohlspiegel für achsennahe Strahlen, d.h. für kleine Winkel  $\alpha$ , einen Brennpunkt mit Abstand  $f \approx r/2$  von der Spiegelfläche besitzt.

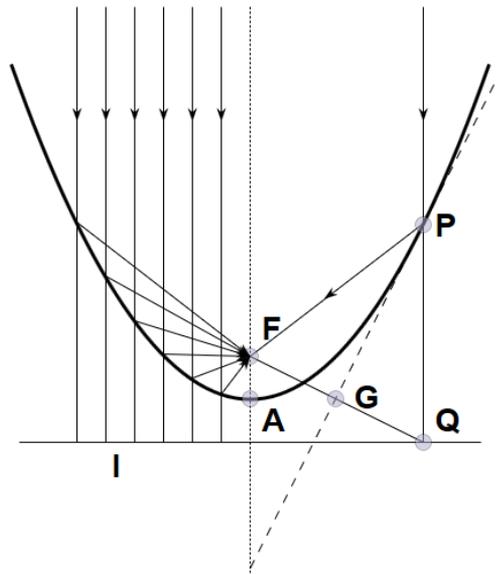
Bemerkung:

- Es gibt zwei verschiedene Konventionen für das Vorzeichen des Radius'  $r$  bei einem sphärischen Spiegel.
- Vorzeichen-Konvention im Lehrbuch Tipler/Mosca: Hohlspiegel  $r > 0$ , Wölbspiegel  $r < 0$
- Verbreitete Vorzeichen-Konvention in der Optikliteratur: Hohlspiegel  $r < 0$ , Wölbspiegel  $r > 0$
- Da wir mit dem Lehrbuch Tipler/Mosca arbeiten, verwenden wir in diesem Kurs die Vorzeichen-Konvention Tipler/Mosca.

- 3.7 Ein zur optischen Achse paralleler Strahl trifft auf einen Parabolspiegel. Dies ist ein parabolischer Hohlspiegel. Im Gegensatz zu einem sphärischen Hohlspiegel (vgl. Aufgabe 3.6) ist ein Parabolspiegel Teil eines Paraboloids, und nicht einer Kugel. Der Schnitt des Paraboloids mit einer Ebene, die die optische Achse enthält, ergibt eine Parabel.

(Fortsetzung siehe nächste Seite)

Im Unterricht wurde gezeigt, wie eine Parabel geometrisch definiert ist:



(Bildquelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Parabolspiegel>, 16.9.2020)

Zeigen Sie, dass bei einem Parabolspiegel (im Gegensatz zu einem sphärischen Hohlspiegel) alle parallel zur optischen Achse einfallenden Lichtstrahlen exakt in einen einzigen Punkt (Brennpunkt F) reflektiert werden.

Hinweise:

- Betrachten Sie das obenstehende Bild.
- Überlegen Sie sich, dass der Parabelpunkt P auf der Mittelsenkrechten der Strecke FQ liegen muss.
- Überlegen Sie sich, dass die Mittelsenkrechte eine Tangente an die Parabel im Punkt P ist.
- Überlegen Sie sich nun, dass ein Lichtstrahl, welcher in Richtung der Geraden (PQ) im Punkt P auf den Parabolspiegel auftrifft, in Richtung des Punktes F reflektiert wird.

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

	wahr	falsch
a) Bei einem Planspiegel können keine reellen Bilder entstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Bei einem sphärischen Hohlspiegel können sowohl reelle als auch virtuelle Bilder entstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Bei einem sphärischen Wölbspiegel können sowohl reelle als auch virtuelle Bilder entstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Bei einem sphärischen Hohlspiegel werden alle parallel zur optischen Achse einfallenden Lichtstrahlen in einen gemeinsamen Punkt reflektiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Fallen parallele Lichtstrahlen nacheinander auf drei aufeinander senkrecht stehende Planspiegel, verlaufen die reflektierten Strahlen auch wieder parallel.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Lösungen

3.1 ...

- 3.2 a) i) ...
- ii) Die reflektierten Strahlen laufen auseinander. Deren rückwärtigen Verlängerungen laufen jedoch zusammen. Sie treffen sich in einem gemeinsamen Punkt hinter dem Planspiegel. Es entsteht immer ein virtuelles Bild, unabhängig vom Abstand des Punktes P vom Planspiegel.
- b) i) ...
- ii) Die reflektierten Strahlen laufen zusammen. Sie treffen sich umso genauer in einem gemeinsamen Punkt vor dem Hohlspiegel, je näher die einfallenden Strahlen entlang der optischen Achse verlaufen und je kleiner der Einfallswinkel bzgl. der optischen Achse ist.
- iii) Ob ein Bild entsteht bzw. ob das Bild reell oder virtuell ist, hängt vom Abstand des Punktes P vom Hohlspiegel ab.  
Bei kleinen Abständen entsteht ein virtuelles Bild, bei grossen Abständen ein reelles Bild. Es gibt einen bestimmten Abstand, bei welchem kein Bild (d.h. weder ein reelles noch ein virtuelles) entsteht.
- c) i) ...
- ii) Die reflektierten Strahlen laufen auseinander. Deren rückwärtigen Verlängerungen laufen jedoch zusammen. Sie treffen sich umso genauer in einem gemeinsamen Punkt hinter dem Wölbspiegel, je näher die einfallenden Strahlen entlang der optischen Achse verlaufen und je kleiner der Einfallswinkel bzgl. der optischen Achse ist.
- iii) Es entsteht immer ein virtuelles Bild, unabhängig vom Abstand des Punktes P vom Wölbspiegel.

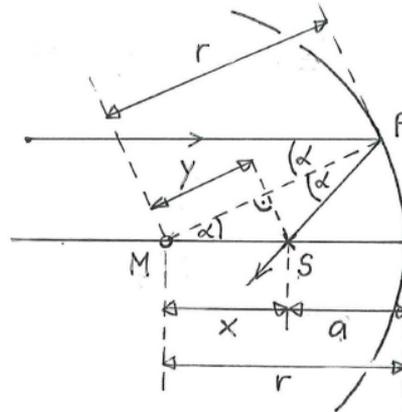
3.3 ...

3.4 ...

3.5 ...

3.6 (siehe nächste Seite)

3.6 a)



$\Delta PMS$  ist gleichschenkelig, da gleiche Winkel  $\alpha$  in M und P

$r = x + a$	I	Unb.	Bek.
$\cos(\alpha) = \frac{y}{x}$	II	a	$\alpha$
$y = \frac{r}{2}$	III	y	

---


$$\begin{aligned} \text{II : } x &= \frac{y}{\cos(\alpha)} \\ &\stackrel{\text{III}}{=} \frac{r}{2 \cos(\alpha)} \quad \text{IV} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{I : } a &= r - x \\ &\stackrel{\text{IV}}{=} r - \frac{r}{2 \cos(\alpha)} \\ &= \left( 1 - \frac{1}{2 \cos(\alpha)} \right) r \end{aligned}$$

b)

$$\begin{aligned} \alpha &\approx 0 \\ \Rightarrow \cos(\alpha) &\approx 1 \\ \Rightarrow a &\approx \frac{r}{2} \\ \Rightarrow S &\approx F \\ f &\approx \frac{r}{2} \end{aligned}$$

3.7 ...

- 3.8
- a) wahr
  - b) wahr
  - c) falsch
  - d) falsch
  - e) wahr