

## Aufgaben 4      **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, sphärischen Hohl-/Wölbspiegel reflektiert werden.
- beurteilen können, ob ein bei einem Planspiegel, sphärischen Hohl-/Wölbspiegel beobachtetes Bild reell oder virtuell ist.
- die Bildentstehung bei einem Planspiegel, sphärischen Hohl-/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

- 4.1      Studieren Sie im Lehrbuch Tipler/Mosca den folgenden Abschnitt:  
- 29.1 Spiegel (nur Teil „Ebene Spiegel“, Seiten 1042 bis 1044)

4.2      **Experimente Posten 1: Planspiegel, Hohlspiegel, Wölbspiegel** (30 min)

- a)      *Planspiegel* (Planspiegel auf Träger)

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

- Beobachten Sie grundsätzlich, wie Lichtstrahlen (Blende für fünf Lichtstrahlen) an einem ebenen Spiegel reflektiert werden (Einfallswinkel, Ausfallswinkel). Variieren Sie dabei den Einfallswinkel.
- Markieren Sie auf dem Blatt einen Punkt P. Lassen Sie nacheinander einen Lichtstrahl (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?

- 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.

- Beobachten Sie grundsätzlich, wie Lichtstrahlen (Blende für fünf Lichtstrahlen) an einem sphärischen Hohlspiegel reflektiert werden. Variieren Sie dabei den Einfallswinkel. Inwiefern gilt „Ausfallswinkel = Einfallswinkel“ wie beim Planspiegel? Argumentieren Sie mit einer sogenannten Tangentialebene.
- Lassen Sie wie in i) parallele Strahlen auf den Hohlspiegel einfallen. Beobachten Sie, dass sich die reflektierten Strahlen ungefähr in einem gemeinsamen Punkt schneiden. Wiederholen Sie das Experiment für verschiedene Einfallswinkel. Stellen Sie fest, dass das Schneiden der reflektierten Strahlen in einem gemeinsamen Punkt umso genauer wird, je näher die einfallenden Strahlen entlang der sogenannten optischen Achse (Symmetrieachse des Hohlspiegels) verlaufen und je kleiner der Einfallswinkel bzgl. der optischen Achse ist.
- Markieren Sie auf dem Blatt einen Punkt P ausserhalb der optischen Achse. Lassen Sie nacheinander einen Lichtstrahl (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 Hohlspiegel.

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. Inwiefern gilt „Ausfallswinkel = Einfallswinkel“ wie beim Planspiegel? Argumentieren Sie mit einer sogenannten Tangentialebene.
- ii) Lassen Sie wie in i) parallele Strahlen auf den Wölbspiegel einfallen. Beobachten Sie, dass sich die rückwärtig verlängerten reflektierten Strahlen ungefähr in einem gemeinsamen Punkt hinter dem Wölbspiegel schneiden. Wiederholen Sie das Experiment für verschiedene Einfallswinkel. Stellen Sie fest, dass das Schneiden der rückwärtig verlängerten reflektierten Strahlen in einem gemeinsamen Punkt umso genauer wird, je näher die einfallenden Strahlen entlang der optischen Achse verlaufen und je kleiner der Einfallswinkel bzgl. der optischen Achse ist.
- iii) Markieren Sie auf dem Blatt einen Punkt P ausserhalb der optischen Achse. Lassen Sie nacheinander einen Lichtstrahl (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 Wölbspiegel.

4.3 **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)

4.4 **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 1043 und 1044) 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“ (Seite 1044) beschriebene Experiment mit drei aufeinander senkrecht stehenden Planspiegeln durch, und machen Sie die entsprechenden Beobachtungen.

4.5 Studieren Sie im Lehrbuch Tipler/Mosca den folgenden Abschnitt:

- 29.1 Spiegel (im Teil „Sphärische Spiegel“ bis zur Formel 29.1, Seiten 1044 und 1045)

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

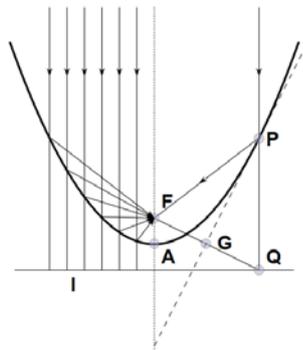
a) Zeigen Sie, dass der reflektierte Strahl die optische Achse im folgenden Abstand  $a$  von der Spiegelfläche schneidet:

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

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.

4.7 Ein zur optischen Achse paralleler Strahl trifft auf einen Parabolspiegel. Dies ist ein parabolischer Hohlspiegel. Im Gegensatz zu einem sphärischen Hohlspiegel (vgl. Aufgabe 4.6) 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.

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



(Bildquelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Parabolspiegel>, 3.10.2016)

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.

4.8 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**

4.1 ...

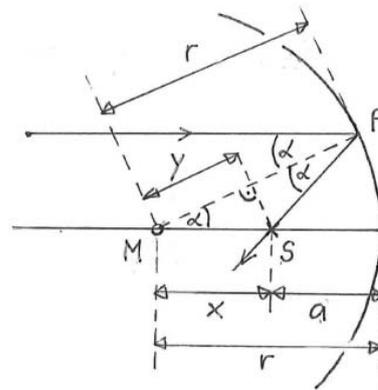
4.2 ...

4.3 ...

4.4 ...

4.5 ...

4.6 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  | x    | r        |
| $y = \frac{r}{2}$            | III | a    | $\alpha$ |
|                              |     | y    |          |

---

II :  $x = \frac{y}{\cos(\alpha)}$   
 $\stackrel{\text{III}}{=} \frac{r}{2 \cos(\alpha)} \quad \stackrel{\text{I}}{=}$

I :  $a = r - x$   
 $\stackrel{\text{II}}{=} r - \frac{r}{2 \cos(\alpha)}$   
 $= \left( 1 - \frac{1}{2 \cos(\alpha)} \right) r$

b)

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

4.7 ...

- 4.8
- a) wahr
  - b) wahr
  - c) falsch
  - d) falsch
  - e) wahr