

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 **Vorgängiges Selbststudium**

- a) Studieren Sie im Lehrbuch Tipler/Mosca den folgenden Abschnitt:
- 29.1 Spiegel (bis zur Formel 29.1, Seiten 1060 bis 1063)
- b) Führen Sie in Moodle den [Test 3.1](#) durch.

3.2 Bearbeiten Sie mit Hilfe des folgenden **Applets** die nachfolgenden Teilaufgaben a) bis c): - [Ray Optics Simulation](#) (Strahlenoptik-Simulator)

- a) *Planspiegel*
Lichtstrahlen treffen auf einen ebenen Spiegel (Planspiegel) und werden an ihm reflektiert.
 - i) Beobachten Sie grundsätzlich, wie Lichtstrahlen an einem Planspiegel reflektiert werden (Einfallswinkel, Ausfallswinkel). Variieren Sie dabei den Einfallswinkel.
 - ii) Lassen Sie mehrere Lichtstrahlen **durch einen Punkt P** laufen, der sich vor dem Spiegel befindet.
Beobachten Sie die Reflexion dieser Strahlen am Spiegel.
Beurteilen Sie, ob sich alle reflektierten Strahlen in einem gemeinsamen Punkt P' vor dem Spiegel treffen, oder ob sich die gedachten rückwärtigen Verlängerungen der reflektierten Strahlen in einem gemeinsamen Punkt P' hinter dem Spiegel treffen.
Befindet sich an einem solchen Punkt P' ein reelles oder ein virtuelles Bild von P?
Wiederholen Sie das Experiment für verschiedene Abstände des Punktes P vom Spiegel.
- b) *Hohlspiegel*
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 an einem sphärischen Hohlspiegel reflektiert werden. Variieren Sie dabei den Einfallswinkel.
Gilt „Ausfallswinkel = Einfallswinkel“ wie beim Planspiegel?
 - ii) (siehe nächste Seite)

- ii) Lassen Sie **parallele** Strahlen auf den Spiegel einfallen. Beobachten Sie die Reflexion dieser Strahlen am Spiegel. Beurteilen Sie, ob bzw. wie genau sich die reflektierten Strahlen in einem gemeinsamen Punkt P' vor dem Spiegel treffen, oder ob bzw. wie genau sich die gedachten rückwärtigen Verlängerungen der reflektierten Strahlen in einem gemeinsamen Punkt P' hinter dem Spiegel treffen. Befindet sich an einem solchen Punkt P' ein reelles oder ein virtuelles Bild von P ? Wiederholen Sie das Experiment für verschiedene Einfallswinkel und für verschiedene Abstände der einfallenden Strahlen von der sogenannten optischen Achse (Symmetrieachse des Hohlspiegels).
- iii) Lassen Sie mehrere Lichtstrahlen **durch einen Punkt P** laufen, der sich vor dem Spiegel befindet. Beobachten Sie die Reflexion dieser Strahlen am Spiegel. Beurteilen Sie, ob bzw. wie genau sich die reflektierten Strahlen in einem gemeinsamen Punkt P' vor dem Spiegel treffen, oder ob bzw. wie genau sich die gedachten rückwärtigen Verlängerungen der reflektierten Strahlen in einem gemeinsamen Punkt P' hinter dem Spiegel treffen. Befindet sich an einem solchen Punkt P' ein reelles oder ein virtuelles Bild von P ? Wiederholen Sie das Experiment für verschiedene Abstände des Punktes P vom Spiegel und von dessen optischen Achse.
- c) *Wölbspiegel*
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) (gleiche Aufgabe wie beim Hohlspiegel)
ii) (gleiche Aufgabe wie beim Hohlspiegel)
iii) (gleiche Aufgabe wie beim Hohlspiegel)

3.3 Experimente: Planspiegel, Hohlspiegel, Wölbspiegel

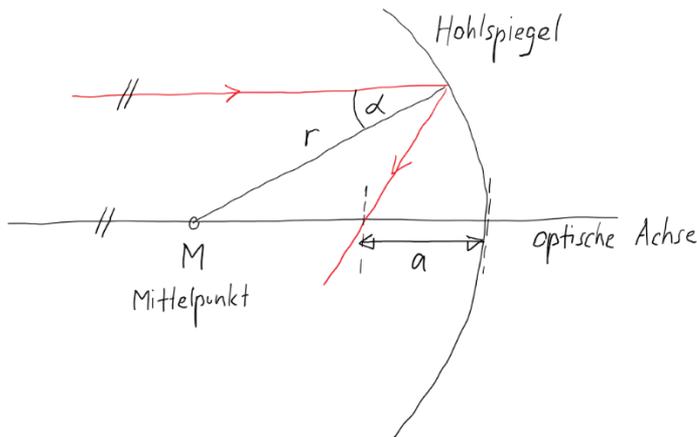
Führen Sie die folgenden Experimente zuhause aus. Als Hohlspiegel könnte ein Schmink-/Rasierspiegel, als Wölbspiegel ein Auto-/Motorrad-/Fahrradrückspiegel dienen.

- a) *Planspiegel*
Schauen Sie in den Planspiegel hinein. Beobachten Sie allfällige Bilder von sich. Beschreiben Sie deren Lage und Grösse (verglichen mit 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 Studieren Sie das folgende **YouTube-Video**:
- [Reflexion am Spiegel](#) (7:11)

3.5 (siehe nächste Seite)

- 3.5 Betrachten Sie einen sphärischen Hohlspiegel mit Radius r . Ein zur optischen Achse paralleler Strahl trifft mit dem Einfallswinkel α auf die Spiegelfläche.



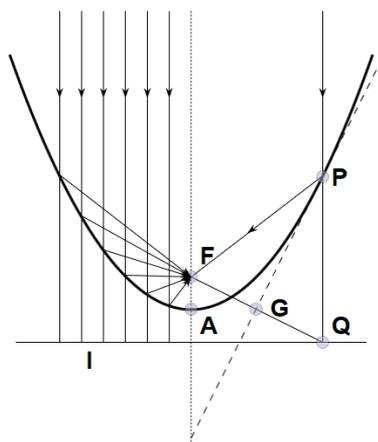
- a) Zeigen Sie, dass der reflektierte Strahl die optische Achse im folgenden Abstand a von der Spiegelfläche schneidet:

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

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

- 3.6 Ein zur optischen Achse paralleler Strahl trifft auf einen Parabolspiegel. Dies ist ein parabolischer Hohlspiegel. Im Gegensatz zu einem sphärischen Hohlspiegel 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>, 18.8.2022)

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.

3.7 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 genau in einen gemeinsamen Punkt reflektiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Durch reines Betrachten eines Bildes eines Gegenstandes mit dem Auge kann nicht beurteilt werden, ob es sich beim Bild um ein reelles oder ein virtuelles Bild handelt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Lösungen

3.1 -

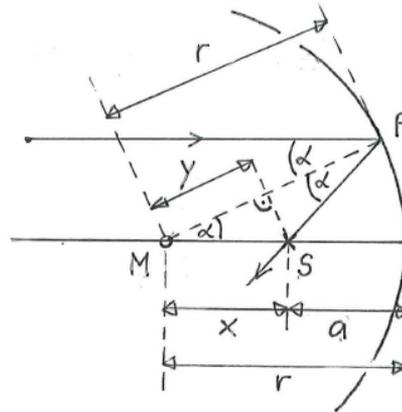
- 3.2 a) i) Es gilt „Ausfallswinkel = Einfallswinkel“ bzgl. des Lotes auf den Spiegel
- ii) Die reflektierten Strahlen laufen vor dem Spiegel auseinander. Deren gedachten rückwärtigen Verlängerungen laufen jedoch in einem gemeinsamen Punkt hinter dem Spiegel zusammen. Es entsteht immer ein **virtuelles** Bild hinter dem Spiegel, unabhängig vom Abstand des Punktes P vom Spiegel.
- b) i) Es gilt „Ausfallswinkel = Einfallswinkel“ bzgl. des Lotes auf die jeweilige Tangentialebene.
- ii) Die reflektierten Strahlen laufen vor dem Spiegel zusammen. Sie treffen sich umso genauer in einem gemeinsamen Punkt vor dem Spiegel, je näher die einfallenden Strahlen entlang der optischen Achse verlaufen und je kleiner der Einfallswinkel bzgl. der optischen Achse ist.
- iii) Der Verlauf der reflektierten Strahlen bzw. deren gedachten rückwärtigen Verlängerungen hängt vom Abstand des Punktes P vom Spiegel ab.
Bei **grossen** Abständen des Punktes P vom Spiegel laufen die reflektierten Strahlen vor dem Spiegel zusammen. Sie treffen sich umso genauer in einem gemeinsamen Punkt P' vor dem Spiegel, je näher die einfallenden Strahlen entlang der optischen Achse verlaufen und je kleiner der Einfallswinkel bzgl. der optischen Achse ist. Es entsteht ein **reelles** Bild vor dem Spiegel.
Bei **kleinen** Abständen des Punktes P vom Spiegel laufen die reflektierten Strahlen vor dem Spiegel auseinander. Deren gedachten rückwärtigen Verlängerungen laufen jedoch hinter dem Spiegel zusammen. Sie treffen sich umso genauer in einem gemeinsamen Punkt P' hinter dem Spiegel, je näher die einfallenden Strahlen entlang der optischen Achse verlaufen und je kleiner der Einfallswinkel bzgl. der optischen Achse ist. Es entsteht ein **virtuelles** Bild hinter dem Spiegel.
Es gibt einen **bestimmten** Abstand des Punktes P vom Spiegel, bei welchem die reflektierten Strahlen vor dem Spiegel parallel laufen. Weder die reflektierten noch deren gedachten rückwärtigen Verlängerungen treffen sich in einem gemeinsamen Punkt P'. Es entsteht **kein** Bild, d.h. weder ein reelles noch ein virtuelles Bild.
- c) i) Es gilt „Ausfallswinkel = Einfallswinkel“ bzgl. des Lotes auf die jeweilige Tangentialebene.
- ii) Die reflektierten Strahlen laufen vor dem Spiegel auseinander. Deren gedachten rückwärtigen Verlängerungen laufen jedoch hinter dem Spiegel zusammen. Sie treffen sich umso genauer in einem gemeinsamen Punkt hinter dem Spiegel, je näher die einfallenden Strahlen entlang der optischen Achse verlaufen und je kleiner der Einfallswinkel bzgl. der optischen Achse ist.
- iii) Die reflektierten Strahlen laufen vor dem Spiegel auseinander. Deren gedachten rückwärtigen Verlängerungen laufen jedoch hinter dem Spiegel zusammen. Sie treffen sich umso genauer in einem gemeinsamen Punkt P' hinter dem Spiegel, je näher die einfallenden Strahlen entlang der optischen Achse verlaufen und je kleiner der Einfallswinkel bzgl. der optischen Achse ist. Es entsteht immer ein **virtuelles** Bild hinter dem Spiegel, unabhängig vom Abstand des Punktes P vom Spiegel.

3.3 -

3.4 -

3.5 (siehe nächste Seite)

3.5 a)



ΔPMS ist gleichschenkelig, da gleiche Winkel α in M und P

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

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

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

b)

$\alpha \approx 0$

$\Rightarrow \cos(\alpha) \approx 1$

$\Rightarrow a \approx \frac{r}{2}$

$\Rightarrow S \approx F$

$f \approx \frac{r}{2}$

3.6 (siehe Unterricht)

- 3.7
- a) wahr
 - b) wahr
 - c) falsch
 - d) falsch
 - e) wahr