

## Aufgaben 9      Optische Instrumente Schwinkel, Winkelvergrößerung, Lupe

### Lernziele

- 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, was ein Schwinkel ist.
- den grundlegenden Zweck eines optischen Instrumentes kennen und verstehen.
- wissen und verstehen, was die Winkelvergrößerung eines optischen Instrumentes ist.
- den Zusammenhang zwischen der Winkelvergrößerung eines optischen Instrumentes und der Grösse des reellen Bildes eines Gegenstandes auf der Augennetzhaut.
- die Funktionsweise einer Lupe kennen und verstehen.
- die Winkelvergrößerung einer Lupe bestimmen können.

### Aufgaben

9.1 Ein Gegenstand wird dann vom Auge scharf gesehen, wenn ein reelles Bild des Gegenstandes auf der Netzhaut entsteht. Die Bildgrösse  $B$  dieses reellen Bildes auf der Netzhaut hängt vom Schwinkel  $\varepsilon$  ab.

- a) Zeigen Sie mit Hilfe der im Unterricht gezeigten Abbildung zur Definition des Schwinkels  $\varepsilon$ , dass gilt:

$$B \sim \tan\left(\frac{\varepsilon}{2}\right)$$

bzw. für kleine  $\varepsilon$ :

$$B \sim \varepsilon$$

- b) Zeigen Sie, dass die Winkelvergrößerung  $V$  eines optischen Instrumentes ausdrückt, um welchen Faktor das reelle Bild auf der Netzhaut grösser ist, wenn der Gegenstand durch das optische Instrument hindurch betrachtet wird statt von blossem Auge.

9.2 Wenn sich ein Gegenstand im Abstand der Brennweite vor einer Lupe befindet, erzeugt die Lupe ein „unendlich weit entferntes virtuelles Bild“ des Gegenstandes (siehe Unterricht).

Befindet sich der Gegenstand etwas näher vor der Lupe, erzeugt die Lupe ein virtuelles Bild in endlicher Entfernung. Die Lichtstrahlen eines Gegenstandspunktes verlaufen dann hinter der Lupe nicht mehr parallel, sondern laufen etwas auseinander. Durch Akkomodation kann trotzdem ein reelles Bild auf der Netzhaut des Auges entstehen.

Bestimmen Sie den minimalen Abstand  $g$  eines Gegenstandes vor einer Lupe der Brennweite  $f$ , damit das Auge bei einer deutlichen Sehweite  $s_0$  den Gegenstand gerade noch scharf sehen kann.

- a) allgemein algebraisch  
b) für die Zahlenwerte  $f = 100 \text{ mm}$ ,  $s_0 = 25 \text{ cm}$

Hinweise:

- Betrachten Sie sowohl die Lupe als auch das Auge (d.h. die Gesamtheit aller lichtbrechenden Teile des Auges) als dünne sphärische Linsen.
- Vernachlässigen Sie den Abstand  $d$  zwischen der Lupe und dem Auge, d.h. es gelte  $d \approx 0$ .

9.3 (siehe nächste Seite)

### 9.3 Experimente: Lupe

- a) *Lupe freihändig*  
(Linse  $f = 100$  mm, Text mit sehr kleiner Schrift)
- i) Betrachten Sie einen Text mit sehr kleiner Schrift **ohne Lupe** bei einem Abstand von etwa 50 cm von Ihren Augen. Nähern Sie den Text bzw. die Augen langsam. Beobachten Sie das Schriftbild bei immer kleiner werdender Entfernung. Bestimmen Sie den Nahpunkt bzw. die deutliche Sehweite Ihrer Augen.
- ii) Betrachten Sie nun den Text **mit der Lupe**. Halten Sie die Lupe (Linse) zwischen den Text und das Auge. Variieren Sie die Abstände Lupe-Text und Auge-Lupe, und beobachten Sie jeweils die Grösse des virtuellen Bildes des Textes.
- b) *Lupe auf optischer Profilbank*  
(Optische Profilbank, Linse  $f = +50$  mm, Strichmuster mit 2 Strichen, Strichmuster mit 10 Strichen)
- Auf der optischen Bank ist eine Lupe der Brennweite 50 mm montiert (bei der Marke 55 cm). Im Abstand der Brennweite befindet sich ein Strichmuster mit 2 Strichen (bei der Marke 50 cm) und im Abstand der deutlichen Sehweite (bei der Marke 30 cm, d.h. 25 cm von der Lupe entfernt) ein Strichmuster mit 10 Strichen.
- Nähern Sie Ihr rechtes Auge der Linse, bis Sie das Strichmuster mit 2 Strichen scharf sehen. Blicken Sie gleichzeitig mit Ihrem linken Auge an der Linse vorbei auf das Strichmuster mit 10 Strichen. Zählen Sie, wieviele Abstände zwischen den Strichen auf dem Strichmuster mit 10 Strichen dem Abstand der beiden Striche auf dem Strichmuster mit 2 Strichen entsprechen. Vergleichen Sie diese Zahl mit der Winkelvergrößerung  $V_L$  der Lupe.

9.4 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgende Aufgabe:  
29.8

9.5 Führen Sie in Moodle ...

- a) den [Test 9.1](#) durch.  
b) den [Test 9.3](#) durch.

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

- |  | wahr                     | falsch                   |
|--|--------------------------|--------------------------|
| a) Der Hauptzweck einer Lupe ist die Vergrößerung des Seh winkels.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) Eine Lupe erzeugt genau dann ein „unendlich weit entferntes virtuelles Bild“ des Gegenstandes, falls sich die Lupe in der deutlichen Sehweite des Auges befindet. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) Eine Lupe kann nur als „Vergrößerungsglas“ verwendet werden, wenn ihre Brennweite kleiner ist als die deutliche Sehweite des Betrachtersauges.                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d) Die Winkelvergrößerung einer Lupe gibt an, um welchen Faktor das reelle Bild auf der Netzhaut grösser ist als der Gegenstand.                                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e) Die Winkelvergrößerung hat keine physikalische Einheit.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

### Lehrbuch Tipler/Mosca

Teil VI Optik

29 Geometrische Optik

29.4 Optische Instrumente (Teil „Die Lupe“, Seiten 1087 und 1088)

## Lösungen

9.1 a)  $\tan\left(\frac{\varepsilon}{2}\right) = \frac{B}{2b}$   
 $\Rightarrow B = 2b \tan\left(\frac{\varepsilon}{2}\right) \sim \tan\left(\frac{\varepsilon}{2}\right) \approx \frac{\varepsilon}{2} \sim \varepsilon$

b) ...

- 9.2 a)  $f_A$  := Brennweite des Auges (ohne Lupe) bei maximal möglicher Akkomodation  
 $f_{\text{tot}}$  := Brennweite des Linsensystems Lupe-Auge bei maximal möglicher Akkomodation  
 $b$  := Bildweite im Auge = Abstand Hornhaut-Netzhaut

ohne Lupe:  $\frac{1}{s_0} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f_A}$

mit Lupe:  $\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f_{\text{tot}}}$   
 $\frac{1}{f_{\text{tot}}} = \frac{1}{f} + \frac{1}{f_A}$

-----  
 $\Rightarrow g = \frac{s_0}{f + s_0} f$

b)  $g = \frac{s_0}{f + s_0} f = 7.1 \text{ cm}$

- 9.3 a) -

b) Verhältnis der Abstände der Striche = 5

$$V_L = \frac{s_0}{f} = \frac{25 \text{ cm}}{50 \text{ mm}} = 5.0$$

9.4 (siehe Arbeitsbuch Mills)

9.5 -

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