

Aufgaben 8 Optische Instrumente Auge

Lernziele

- einen bekannten oder neuen Sachverhalt analysieren und beurteilen können.
- eine neue Problemstellung selbstständig bearbeiten und in einer Gruppe diskutieren können.
- den anatomischen Aufbau eines Auges kennen.
- die Bildentstehung bei einem Auge verstehen.
- den Vorgang der Akkomodation kennen und verstehen.
- wissen und verstehen, was der Nahpunkt und die deutliche Sehweite sind.
- die Phänomene Kurzsichtigkeit und Weitsichtigkeit kennen und verstehen.
- wissen und verstehen, wie Kurzsichtigkeit und Weitsichtigkeit mit Hilfe von Brillen bzw. Kontaktlinsen korrigiert werden können.
- die Abbildungsgleichungen für sphärische Oberflächen und dünne sphärische Linsen bei der Bildentstehung am Auge anwenden können.
- die Gleichung für die Lateralvergrößerung des Bildes bei einer dünnen sphärischen Linse bei der Bildentstehung am Auge anwenden können.

Aufgaben

- 8.1 Lesen Sie den folgenden Text zum menschlichen Auge
(Quelle: Lehrbuch Tipler/Mosca, Seiten 1084 und 1085):

Das wichtigste optische System, mit dem wir ständig zu tun haben, ist unser Auge (Abb. 29.47). Das Licht fällt durch die Pupille ein, deren Durchmesser variabel ist, und wird vom System Hornhaut–Linse auf die Netzhaut (Retina) fokussiert, sodass ein Bild entsteht. Die Netzhaut ist eine dünne Schicht aus lichtempfindlichen Nervenzellen, den **Stäbchen** und den **Zäpfchen**. Sie nehmen die vom Licht hervorgerufenen Sinnesreize auf und leiten sie über den **Sehnerv** an das Gehirn weiter. Die Form der Linse kann durch den **Ziliarmuskel** leicht verändert werden.

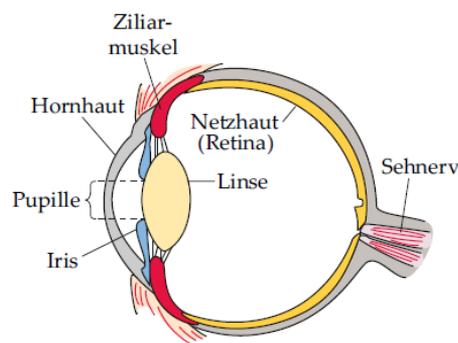


Abb. 29.47 Schnittbild des menschlichen Auges. Die in das Auge einfallende Lichtmenge wird durch die Iris gesteuert, die den Durchmesser der Pupille einstellt. Die Dicke bzw. die Krümmung der Augenlinse und damit ihre Brennweite wird vom Ziliarmuskel je nach dem Abstand des zu betrachtenden Gegenstands verändert. Hornhaut und Linse fokussieren das Bild auf die Netzhaut. Diese weist etwa 125 Millionen Rezeptoren (Stäbchen und Zäpfchen) auf, die mit rund einer Million Nervenfasern des Sehnervs verbunden sind

(Fortsetzung siehe nächste Seite)

Wird das Auge auf einen weit entfernten Gegenstand fokussiert, ist der Ziliarmuskel entspannt, und das System Hornhaut–Linse hat seine maximale Brennweite von rund 2,5 cm; sie entspricht dem Abstand zwischen Hornhaut und Netzhaut. Je näher der betrachtete Gegenstand ist, desto stärker krümmt der Ziliarmuskel die Augenlinse, sodass deren Brennweite verringert wird und die Abbildung auf der Netzhaut wieder scharf ist. Diesen Vorgang der Brennweitenveränderung nennt man **Akkommodation**. Wenn der Gegenstand dem Auge jedoch zu nahe ist, kann die Linse die von ihm ausgehenden Lichtstrahlen nicht mehr auf die Netzhaut bündeln, und das Bild erscheint unscharf. Ein dem Auge immer näher gebrachter Gegenstand ist beim sogenannten **Nahpunkt** gerade noch scharf wahrzunehmen. Dessen Abstand vom Auge wird **deutliche Sehweite** genannt. Sie ist individuell unterschiedlich und vergrößert sich mit dem Lebensalter, wenn die Elastizität der Augenlinse abnimmt. Bei

einem Zehnjährigen kann der Nahpunkt beispielsweise nur 7 cm vor dem Auge liegen, während er bei einem 65-Jährigen etwa 200 cm betragen kann. Als Standardwert der deutlichen Sehweite setzt man meist 25 cm an.

Hinweise zu den folgenden Aufgaben:

- Betrachten Sie das Auge (d.h. die Gesamtheit aller lichtbrechenden Teile des Auges) ohne anderslautende Annahme als dünne sphärische Linse.
- Betrachten Sie alle Brillengläser als dünne sphärische Linsen.
- Vernachlässigen Sie jeweils den Abstand Brillenglas-Auge.

- 8.2 Wenn ein Gegenstand (Gegenstandsweite g = Abstand Gegenstand-Netzhaut, Gegenstandsgrösse G) scharf gesehen wird, dann bedeutet dies, dass das Auge auf der Netzhaut ein reelles Bild (Bildweite b = Abstand Hornhaut-Netzhaut, Bildgrösse B) erzeugt.

Zeigen Sie, dass die Bildgrösse B ...

- a) ... proportional zur Gegenstandsgrösse G ist, d.h. $B \sim G$
- b) ... umgekehrt proportional zur Gegenstandsweite g ist, d.h. $B \sim \frac{1}{g}$

Hinweis:

- Betrachten Sie die Gleichung für die Lateralvergrößerung bei einer dünnen sphärischen Linse.

- 8.3 Betrachten Sie ein Brillenglas mit Brechzahl 1.52, welches die Brechkraft -4.5 dpt aufweisen soll. Der Krümmungsradius der äusseren (dem Auge abgewandten) brechenden Oberfläche beträgt 320 mm.

- a) Beurteilen Sie, ob es sich um ein Brillenglas zur Korrektur von Kurz- oder Weitsichtigkeit handelt.
- b) Bestimmen Sie den Krümmungsradius der inneren (dem Auge zugewandten) brechenden Oberfläche.

- 8.4 Die deutliche Sehweite einer Person betrage 75 cm, d.h. der Nahpunkt liegt 75 cm vor den Augen. Die Person sieht also Gegenstände unscharf, die näher als 75 cm vor den Augen liegen. Mit Hilfe einer Lesebrille (mit Sammellinsen als Brillengläser) soll die deutliche Sehweite verringert werden, damit die Person auch nähere Gegenstände scharf sehen kann.

Bestimmen Sie, um wieviel die Brechkraft des Systems Auge-Brillenglas höher sein muss als die Brechkraft des Auges allein, damit die deutliche Sehweite von 75 cm (Auge allein) auf 25 cm (System Auge-Brillenglas) verringert werden kann.

Hinweise:

- Die Gegenstandsweite ist jeweils die deutliche Sehweite.
- Die Bildweite ist in beiden Fällen (Auge allein, System Auge-Brillenglas) gleich gross.

8.5 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgenden Aufgaben:
29.26, 29.28 a)

Hinweis zu 29.26:

- Bei der gesuchten Verschiebung der Linse ist die Verschiebung gegenüber derjenigen Position der Linse gemeint, bei welcher ein unendlich weit entfernter Gegenstand scharf abgebildet würde.

Hinweis zu 29.28 a):

- Hier soll das Auge (d.h. die Gesamtheit aller lichtbrechenden Teile des Auges) nicht als dünne sphärische Linse betrachtet werden, sondern als homogene Kugel. Das Bild eines betrachteten Gegenstandes soll innerhalb dieser Kugel liegen. Es handelt sich hier also um eine Bildentstehung an einer brechenden Oberfläche (Übergang Luft-Hornhaut), und nicht um eine Bildentstehung an einer Linse. Entsprechend ist die Abbildungsgleichung für die Abbildung an einer brechenden sphärischen Oberfläche zu verwenden.

8.6 Ein kurzsichtiger Brillenträger hat Brillengläser mit der Brechkraft -4.0 dpt.

Bestimmen Sie, um wieviel Prozent der Augapfel dieses Brillenträgers länger ist als derjenige eines normalsichtigen Menschen.

Hinweis:

- Schätzen Sie allfällige unbekannt numerische Werte von Grössen ab.

8.7 Führen Sie in Moodle den [Test 8.1](#) durch.

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

	wahr	falsch
a) Für die Brechkraft des Auges ist hauptsächlich die Augenlinse verantwortlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Bei einem normalsichtigen Menschen werden im entspannten Auge, d.h. ohne Akkomodation, einfallende parallele Lichtstrahlen so gebrochen, dass sie auf der Netzhaut zusammentreffen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Durch Akkomodation wird die Brennweite des Auges vergrössert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Mit der Korrektur einer Fehlsichtigkeit mit Hilfe einer Brille wird die Akkomodationsfähigkeit des Auges erhöht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Die Altersweitsichtigkeit wird durch eine altersbedingte Veränderung der Augengrösse hervorgerufen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Lehrbuch Tipler/Mosca

Teil VI Optik

29 Geometrische Optik

29.4 Optische Instrumente (Teil „Das Auge“, Seiten 1084 bis 1087)

Lösungen

8.1 -

8.2 Aus $V := \frac{B}{G} = -\frac{b}{g}$ folgt ...

a) ... $B \sim G$ (für festes b und g)

b) ... $B \sim \frac{1}{g}$ (für festes b und G)

8.3 a) Das Brillenglas hat eine negative Brechkraft und ist daher eine Zerstreuungslinse zur Korrektur von Kurzsichtigkeit.

b) $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_{\text{Glas}}}{n_{\text{Luft}}} - 1\right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$ (Linsenmachergleichung)

$$D = \frac{1}{f}$$

$$\Rightarrow r_2 = \frac{(n_{\text{Glas}} - n_{\text{Luft}}) r_1}{n_{\text{Glas}} - n_{\text{Luft}} - D r_1 n_{\text{Luft}}} = \frac{(1.52 - 1.00) \cdot 320 \text{ mm}}{1.52 - 1.00 - (-4.5 \text{ m}^{-1}) \cdot 320 \text{ mm} \cdot 1.00} = 85 \text{ mm}$$

8.4 $\Delta D = D_2 - D_1$ (Index 1: Auge allein, Index 2: System Auge-Brillenglas)

$$D_1 = \frac{1}{f_1}$$

$$D_2 = \frac{1}{f_2}$$

$$\frac{1}{g_1} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f_1}$$

$$\frac{1}{g_2} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f_2}$$

$$\Rightarrow \Delta D = \frac{1}{g_2} - \frac{1}{g_1} = \frac{1}{0.25 \text{ m}} - \frac{1}{0.75 \text{ m}} = 2.7 \text{ dpt}$$

Bem.:

- ΔD ist die Brechkraft des Brillenglases. Die Brechkraft des Systems Auge-Brillenglas ist also die Summe aus der Brechkraft des Auges und der Brechkraft des Brillenglases.

8.5 (siehe Arbeitsbuch Mills)

Hinweis zu den Lösungen von 29.28 a) im Arbeitsbuch Mills:

- Die angegebene Gleichung wird fälschlicherweise als „Linsengleichung“ bezeichnet. Es ist jedoch die Abbildungsgleichung für sphärische Oberflächen.

$$8.6 \quad x = \frac{1}{1 + D_B \cdot l_\theta} - 1 = \frac{1}{1 + (-4.0 \text{ dpt}) \cdot 0.025 \text{ m}} - 1 = 0.11 = 11\%$$

$D_B :=$ Brechkraft Brillenglas = -4.0 dpt

$l_\theta :=$ Länge Augapfel normalsichtiges Auge = 2.5 cm (Annahme)

8.7 -

8.8 a) falsch

b) wahr

c) falsch

d) falsch

e) falsch