

# Aufgaben zur geometrischen Optik

Rudolf Lehn

Peter Breitfeld

Störck-Gymnasium  
Bad Saulgau

27. Februar 2004

## Vorbemerkung

Die folgenden Aufgaben sind Übungen zu unserem »Abriß der geometrischen Optik«. Es werden Aufgaben zu Reflexion und Brechung an Spiegeln bzw. Linsen gestellt.

### Aufgabe 1

Welche Länge muß ein Wandspiegel haben, damit sich eine Person der Größe  $h$  vom Kopf bis zu den Füßen im Spiegel sehen kann?

In welcher Höhe muß der Spiegel an der Wand befestigt werden?

Welchen Abstand muß die Person vom Spiegel einhalten?

### Aufgabe 2

In je 2 dm Entfernung stehen eine kreisförmige, leuchtende Fläche (Durchmesser 2 dm), eine quadratische Lochblende (Seitenlänge 2 dm) und ein Schirm. Welche Form hat der Lichtfleck auf dem Schirm?

### Aufgabe 3

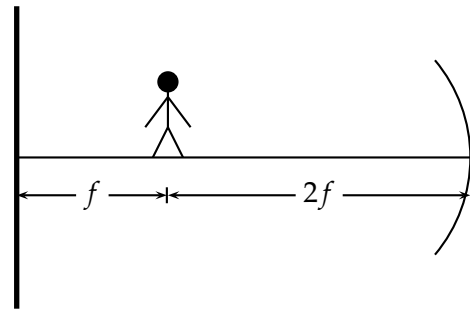
Ein (punktförmiger) Frosch sitzt vor zwei ebenen Spiegel, die zueinander einen Winkel von  $50^\circ$  bilden.

Über dem Frosch kreist eine Fliege und sieht zu ihrem Entsetzen manchmal 7, manchmal aber sogar 8 weitere Frösche.

Wie kommen diese Bilder zustande?

**Lsg:** Im einem Winkelbereich von  $20^\circ < \alpha < 30^\circ$  sieht sie 8 Bilder, bei  $\alpha < 20^\circ$  oder  $\alpha > 30^\circ$  sieht sie 7

**Aufgabe 4** Bestimme den Ort und die Art der ersten drei reellen Bilder eines Gegenstandes, der sich zwischen einem ebenen Spiegel und einem konkaven Spiegel befindet. Wo liegen die folgenden reellen Bilder?



**Aufgabe 5** (14. IPhO, 1. Runde)

Ein konvex- und ein Konkavspiegel mit gleichem Krümmungsradius  $r_0$  sind mit ihren Spiegelflächen so gegenübergestellt, daß ihre optischen Achsen zusammenfallen und ihre Scheitel den Abstand  $d = 2r_0$  haben. Es soll ein auf der gemeinsamen optischen Achse gelegener Punkt gesucht werden, für den gilt, daß von einer hier aufgestellten Lichtquelle ausgehende Strahlen nach Reflexion auf Konvex- und Konkavspiegel wieder im Ausgangspunkt zusammentreffen. **Lsg:**  $1,37r_0$  vor dem Konvexspiegel.

**Aufgabe 6**

Zeige, daß die Kombination aus einem ebenen Spiegel und einer Sammellinse mit der Brennweite  $f$  äquivalent ist zu einem Hohlspiegel mit dem Krümmungsradius  $f$ .

**Aufgabe 7**

Ein Lichtstrahl fällt unter einem Winkel  $\alpha = 30^\circ$  so auf die Frontfläche eines optischen Prismas ein, daß der nach der Brechung durch das Prisma verlaufende Strahl die Rückfläche gerade unter dem Grenzwinkel trifft und deshalb nicht mehr austreten kann. Berechne die Brechzahl des Glases, wenn der brechende Winkel  $\phi = 60^\circ$  beträgt. **Lsg:**  $n = 1,53$

**Aufgabe 8**

Auf die ebene Fläche eines Halbzylinders aus Glas mit dem Brechungsindex  $n = \sqrt{2}$  fallen Lichtstrahlen. Sie liegen in einer Ebene senkrecht zur Zylinderachse und treffen auf die ebene Fläche unter dem Einfallswinkel  $\alpha = 45^\circ$  auf. An welchen Stellen der Mantelfläche des Halbzylinders treten Lichtstrahlen aus? **Lsg:**  $75^\circ < \delta < 165^\circ$

**Aufgabe 9**

Wie groß ist der Durchmesser jenes Kreises, durch den ein 12 m unter Wasser befindlicher Taucher den Himmel sehen kann? ( $n_W = 1,33$ ). **Lsg:** 27,5 m

**Aufgabe 10**

Eine Glaskugel vom Radius  $R$  und dem Brechungsindex 1,5 ist auf der einen Hälfte versilbert. Ein kleiner Gegenstand befindet sich auf der Achse der Kugel in einem Abstand  $2R$  von der unversilberten Oberfläche. Ermittle die Position des Bildes, das sich durch

Brechung und Reflexion an den Oberflächen ergibt. **Lsg:** Im Scheitel des Hohlspiegels

**Aufgabe 11**

Im Innern einer Glaskugel vom Radius  $r_0 = 10$  cm und Brechzahl 1,5 befindet sich im Glasfluß eine Luftblase. Ein Beobachter, der die Luftblase in der Richtung der optischen Achse der brechenden Kugelfläche erblickt, hat den Eindruck, daß die Luftblase in einem Abstand  $b_0 = 2,5$  cm unter der Kugeloberfläche sitze. Bestimme den tatsächlichen Abstand der Luftblase von der Kugeloberfläche. **Lsg:** 3,3 cm

**Aufgabe 12**

Die Oberflächen einer dünnen, bikonvexen Linse haben den gleichen Krümmungsradius  $R = 15$  cm. Der Brechungsindex der Glaslinse beträgt  $n = 1,5$ . Eine der Oberflächen ist versilbert, so daß sie als Spiegel wirkt. Ein Gegenstand liegt 40 cm von der Linse entfernt auf der anderen Seite. Wo liegt das Bild? **Lsg:** 4,14 cm vor der Linse.

**Aufgabe 13**

Ein Glasstab mit Brechzahl  $n = 1,5$  ist an seinen Enden durch Kugelschliffe mit dem gleichen Radius  $r_0$  begrenzt. Der Stab hat die Länge  $3r_0$ , die Kugelflächen haben eine gemeinsame optische Achse, die mit der Längsachse des Stabes zusammenfällt. In einem Abstand von  $r_0$  vor der vorderen konvexen Kugelfläche befindet sich eine punktförmige Lichtquelle auf der optischen Achse. Berechne in welchem Abstand von der hinteren konvexen Kugelfläche das Bild entsteht. **Lsg:**  $4r_0$

**Aufgabe 14**

Eine dünne, plankonkave Linse ist in horizontaler Stellung so unter Wasser getaucht, daß der unter der Konkavfläche liegende Raum mit Luft gefüllt ist. Die Gesamtbrechkraft des optischen Systems hat den Wert  $D = -2,6$  dpt. Bestimme den Krümmungsradius der Linse. ( $n_W = 1,33$ ;  $n_{\text{Linse}} = 1,5$ ) **Lsg:** 14,5 cm

**Aufgabe 15**

Ein Fernrohr ist so eingestellt, daß man mit auf unendlich eingestelltem Auge den Mond scharf sieht. In einer Entfernung  $d = 16$  cm vom Okular wird ein Schirm angebracht. Wie muß man das Okular verschieben, damit das Bild des Mondes auf dem Schirm scharf erscheint? Löse die Aufgabe für Okularbrennweite  $f = 2$  cm

- a) für ein Keplersches Fernrohr **Lsg:** 0,29 cm
- b) für ein Galileisches Fernrohr **Lsg:** 0,23 cm

**Aufgabe 16**

Das Objektiv eines Prismenfernnglases hat eine Brennweite von 24 cm. Wenn man mit dem Fernglas einen Gegenstand in 2 m Entfernung betrachtet, ist die Vergrößerung 3,5-fach. Die Beobachtung erfolge mit entspannten Augen.

- a) Wie groß ist die Brennweite des Okulars? **Lsg:** 9,2 cm

b) Welche Vergrößerung ergibt sich für weit entfernte Gegenstände? **Lsg:** 2,96-fach.

**Aufgabe 17**

Die Brennweite eines Mikroskopobjektivs beträgt  $f_1 = 0,3 \text{ cm}$ , die des Okulars  $f_2 = 3 \text{ cm}$ , die optische Tubuslänge  $\Delta = 16 \text{ cm}$ . Es ist zu ermitteln, in welchem Abstand vor dem Objektiv sich ein Gegenstand befinden muß, damit das durch das Mikroskop beobachtende Auge das Bild des Gegenstands in der deutlichen Sehweite  $s = 25 \text{ cm}$  beobachten kann. **Lsg:**  $0,306 \text{ cm}$

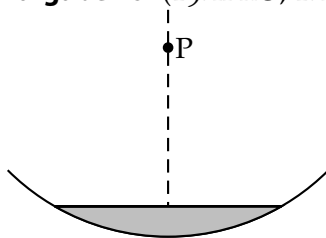
**Aufgabe 18**

Es ist die Schwerebeschleunigung auf der Sonnenoberfläche zu bestimmen. Dazu wird mit einer Linse ein Bild der Sonne erzeugt. Der Durchmesser des Bildes beträgt  $d = 3 \text{ mm}$ ; die Bildweite  $s = 32 \text{ cm}$ . Der Abstand Erde – Sonne wird als bekannt vorausgesetzt. **Lsg:**  $a = 150 \cdot 10^6 \text{ km}$

**Aufgabe 19**

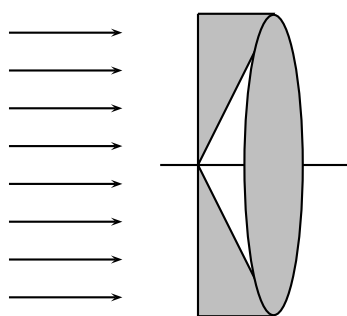
Ein Spiegel besteht aus einer dicken Glasscheibe (Dicke  $d$ , Brechzahl  $n$ ), deren Rückseite verspiegelt ist. In der Entfernung  $g$  von der Vorderseite des Spiegels befindet sich ein Gegenstand. Wie weit scheint das Spiegelbild vom Gegenstand entfernt zu sein?

**Aufgabe 20** (19. IPhO, 1. Runde)



Ein liegender Hohlspiegel (Radius  $r$ ) ist teilweise mit einer Flüssigkeit gefüllt. Der freibleibende und der flüssigkeitsgefüllte Teil des Spiegels entwerfen je ein Bild des Lichtpunktes  $P$ . Bestimme die Brechzahl  $n$  der Flüssigkeit aus der Lage dieser beiden Bilder.

**Aufgabe 21**



Eine dünne Sammellinse mit der Brennweite  $f = 60 \text{ cm}$  und zwei gleiche, schmale Prismen werden wie in der Abbildung zusammengestellt. (Brechzahl des Glases  $n = 1,5$ )  
 In Richtung der optischen Achse fällt monochromatisches paralleles Licht auf das System. In der Brennebene der Linse beobachtet man zwei Lichtpunkte im Abstand  $d = 8.4 \text{ cm}$ .  
 Wie groß ist der brechende Winkel der Prismen?  
**Lsg:**  $8^\circ$

**Aufgabe 22** (20. IPhO, 1. Runde)

Mit einer dünnen Sammellinse ( $f = 50 \text{ cm}$ ) wird das Bild eines leuchtenden Punktes

beobachtet. Dieser bewegt sich so, daß sein Bildpunkt die optische Achse im Abstand  $b = 175 \text{ cm}$  von der Linse unter dem Winkel  $\phi = 30^\circ$  mit der Geschwindigkeit  $v = 11,55 \text{ m/s}$  kreuzt.

Berechne Betrag und Richtung der Geschwindigkeit des leuchtenden Punkts.

**Aufgabe 23** (12. IPhO, 1. Runde)

Gegeben ist ein System aus zwei dünnen Linsen mit den Brennweiten  $f_1$  und  $f_2$ , die eine gemeinsame optische Achse haben. Im Gegenstandsraum der ersten Linse befindet sich in der Entfernung  $a$  von dieser ein kleiner Gegenstand von der Größe  $y$ . Sein von der ersten Linse erzeugtes Bild ist reell, liegt zwischen den beiden Linsen und hat die Größe  $y_1$ . Die zweite Linse erzeugt von diesem reellen Bild ein virtuelles Bild der Größe  $y_2 = k \cdot y$ , wobei  $k > 0$  ist.

- Berechne die Entfernung  $d$  der beiden Linsen.
- Welche Werte können die Größen  $a$  und  $k$  bei den gegebenen Brennweiten  $f_1$  und  $f_2$  annehmen?
- Bestimme  $d$  zeichnerisch für die Werte:  $a = 50 \text{ cm}$ ;  $f_1 = 30 \text{ cm}$ ;  $k = 4$ .

**Aufgabe 24** (12. IPhO, 2. Runde)

Das Problem des  $\text{CO}_2$  in der Atmosphäre einmal anders:

Bei einer bestimmten  $\text{CO}_2$ -Konzentration wird es nirgendwo auf der Erde »nachts« dunkel. Wie groß müßte der Prozentsatz des  $\text{CO}_2$  in der Atmosphäre sein, damit dieser Effekt auftritt?

*Hinweise*

- Wenn  $k$  die Konzentration des  $\text{CO}_2$  in der Luft ist, gilt für die Brechzahl des Gasgemenges näherungsweise:

$$n = (1 - k)n_{\text{Luft}} + k \cdot n_{\text{CO}_2}; \quad n_{\text{Luft}} = 1; \quad n_{\text{CO}_2} = 1,12$$

- Der Anteil der Brechzahl, der größer als 1 ist, ist der Gasdichte proportional:  $n - 1 \sim \rho$

An der Erdoberfläche ist die Dichte der Luft  $\rho_0 = 1,3 \text{ kg/m}^3$  und ihr Druck  $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$