

Allgemeine Vorbereitung für die Versuche 20-23

1 Vorbereitung

- 1.1 Reflexionsgesetz, Brechungsgesetz, Totalreflexion
Lit.: EICHLER ¹ Kapitel 33: *Ausbreitung von Licht, Brechung*
- 1.2 Abbildung durch dünne Sammell- und Zerstreuungslinsen
(Bildkonstruktion)
Lit.: EICHLER Kapitel 33: *Linse, Optische Abbildungen mit dünnen Linsen*
und Grundlagen 2.1
- 1.3 Das begrenzte Sehvermögen des unbewaffneten Auges
Lit.: Grundlagen 2.2
- 1.4 Die Lupe
Lit.: Grundlagen 2.3
- 1.5 Optische Instrumente, Lupe, astronomisches Fernrohr und Mikroskop
Lit.: EICHLER Kapitel 34, 35, 36 und Anhang 2.4

2 Grundlagen

2.1 Bildkonstruktion

Analog zu EICHLER definieren wir die betragsmäßigen Abstände: Gegenstandsweite g ist der Abstand zwischen Gegenstand und Mittelebene der Linse, Bildweite b der Abstand zwischen Bild und Mittelebene und Brennweite f der Abstand zwischen Brennpunkt und Mittelebene der Linse. Es gilt die Abbildungsgleichung:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} \quad (1)$$

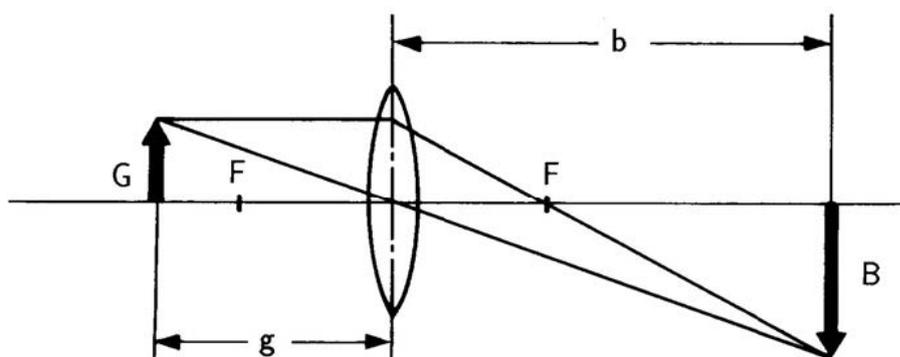


Abbildung 1: Bildkonstruktion für eine Sammellinse

¹EICHLER, KRONFELDT, SAHM: Das Neue Physikalische Grundpraktikum; ISBN-13 978-3-540-21453-3

Kombiniert man zwei dünne Linsen mit den Brennweiten f_1 und f_2 so, dass ihr gegenseitiger Abstand $d = 0$ ist, dann gilt für die Brechkraft $1/f$ dieser Kombination:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad (2)$$

2.2 Das begrenzte Sehvermögen des unbewaffneten Auges

Die kleinste Entfernung, in der man mit unbewaffneten Augen *ohne Überanstrengung* einen Gegenstand noch scharf sehen kann, nennt man die deutliche Sehweite s . Diese Sehweite ist individuell verschieden und vom Alter abhängig. Der Durchschnitt für ein normalsichtiges Auge ist der Normwert $s_0 = 25$ cm.

Ein normalsichtiges Auge kann in 10 m (=1000 cm) Entfernung zwei Gegenstände nur dann getrennt sehen, wenn ihr Abstand $\geq 0,3$ cm ist. In der Entfernung s_0 kann man also nur Einzelheiten eines Objekts erkennen, die einen Abstand von mindestens $(0,3 \cdot 25)/1000$ cm = 0.075 mm haben. Feinere Einzelheiten eines Objekts sind nur mit zusätzlichen optischen Hilfsmitteln zu erkennen. Das einfachste solcher Hilfsmittel ist die Lupe. Für kleinere Gegenstände (z.B. für die Untersuchung von Zellen) benötigt man jedoch ein Mikroskop.

2.3 Die Lupe

Abb. 2 zeigt einen Gegenstand in der Sehweite s_0 vom Auge entfernt. Die Augenlinse bildet diesen Gegenstand auf die Netzhaut ab. Für die Größe des Bildes auf der Netzhaut ist nur der Sehwinkel ε_0 entscheidend. Stellt man den gleichen Gegenstand in die Brennebene einer Lupe mit der Brennweite f (Abb. 3), so sind alle Strahlen, die von der Pfeilspitze ausgehen, hinter der Lupe untereinander parallel und bilden mit der optischen Achse den Winkel ε . Dieser Winkel ist wiederum für die Größe des Bildes auf der Netzhaut maßgebend. Für die Winkel gilt:

$$\begin{aligned} \tan \varepsilon_0 &= \frac{G}{s_0} \quad (\text{Auge ohne Lupe}) \\ \text{und } \tan \varepsilon &= \frac{G}{f} \quad (\text{Auge mit Lupe}) \end{aligned}$$

Das Verhältnis dieser beiden Größen ergibt unmittelbar die Winkelvergrößerung der Lupe:

$$V_{Lupe} = \frac{\tan \varepsilon}{\tan \varepsilon_0} = \frac{s_0}{f} \quad (3)$$

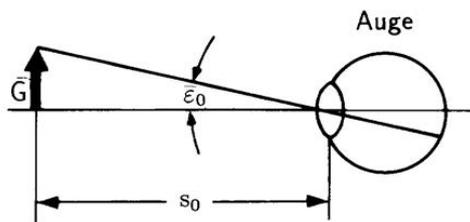


Abbildung 2: Zur Definition von ε_0

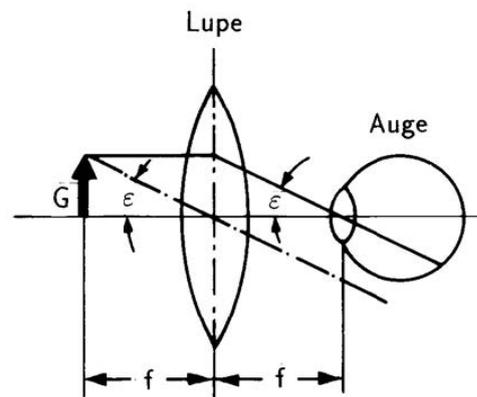


Abbildung 3: Zur Definition von ε

Weil in Abb. 3 der Gegenstand in der Brennebene aufgestellt wurde, fällt das eingezeichnete Lichtbündel als Parallelbündel in das Auge. Somit kann man mit entspanntem (= auf „ ∞ “ akkomodiertem Auge) beobachten.

Anmerkung: Die Konstruktion des Strahlengangs in Abb. 3 wurde dadurch einfach, dass Mittelpunkt der Augenlinse und Brennpunkt der Lupe zusammenfallen. An dem Winkel ε , der allein für die Vergrößerung maßgebend ist, ändert sich nichts, wenn man den Abstand zwischen Auge und Linse ändert. Es wird nur die Konstruktion des Strahlenbündels komplizierter. Mit einer Lupe kann man bis etwa 20-fache Vergrößerungen erreichen. Stärkere Vergrößerungen erreicht man nur mit dem Mikroskop.

2.4 Das Mikroskop

Zum Aufbau eines Mikroskops benötigt man mindestens zwei Linsen, die durch einen Tubus fest verbunden sind. Die dem Auge zugewandte Linse heißt Okular und wirkt als Lupe. Mit ihr betrachtet man ein vergrößertes Zwischenbild des Gegenstandes, das von der zweiten Linse, dem Objektiv, erzeugt wird. Zusätzlich zur Vergrößerungswirkung der Lupe kommt beim Mikroskop die Vergrößerung des Objektivs. Sie ergibt sich aus Abb. 4 am einfachsten, wenn man den von G ausgehenden achsenparallelen Strahl verfolgt (Anwendung des Strahlensatzes):

$$V_{Obj} = \frac{B}{G} = \frac{\Delta}{f_{Obj}} \quad (4)$$

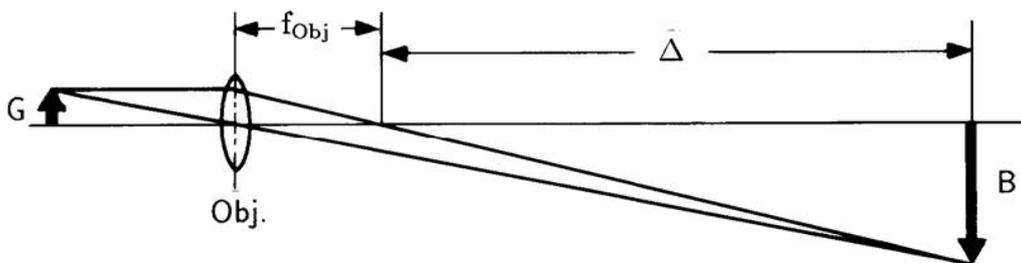


Abbildung 4: Konstruktion des Zwischenbildes im Mikroskop

Im Mikroskop entsteht also zunächst in der Brennebene des Okulars das vergrößerte Zwischenbild, das mit der Lupe nachvergrößert wird:

$$V_{Mikr} = V_{Obj} \cdot V_{Okul} = \frac{B}{G} = \frac{\Delta s_0}{f_{Obj} f_{Okul}} \quad (5)$$

Δ ist die optische Tubuslänge des Mikroskops. Bei einem stark vergrößernden Mikroskop, bei dem die Brennweiten von Okular und Objektiv klein sind gegen Δ , kann für Δ die geometrische Länge des Tubus eingesetzt werden. Stellt man ein Mikroskop scharf, so bewegt man die Linsen mit dem Tubus so lange in Bezug auf den Gegenstand, bis das Zwischenbild in der Brennebene des Okulars liegt. Man sieht dann das Bild des Gegenstandes mit entspanntem Auge scharf.