

**Aufgaben:**

- (1.) Bestimmen Sie die Brennweite a) einer Sammellinse und b) einer Zerstreuungslinse in weißem Licht.
- (2.) Bestimmen Sie die Brennweite einer Sammellinse a) bei langwelligem Licht (Rotfilter) und b) bei kurzwelligem Licht (Blaufilter).

**Grundlagen:**

Linsen erzeugen von Objekten  $G$  reelle bzw. virtuelle Bilder  $B$ . Zeichnerisch lässt sich das Bild  $B$  eines Objektes  $G$  -- bei bekannter Brennweite -- mittels dreier spezieller Strahlen bestimmen (Abb. 1):

- 1.) Strahlen parallel zur optischen Achse werden an der Linse so gebrochen, dass sie anschließend durch den Brennpunkt gehen.
- 2.) Strahlen durch den Mittelpunkt der Linse werden nicht gebrochen.
- 3.) Strahlen, die vom Brennpunkt kommen, verlassen die Linse parallel zur optischen Achse.

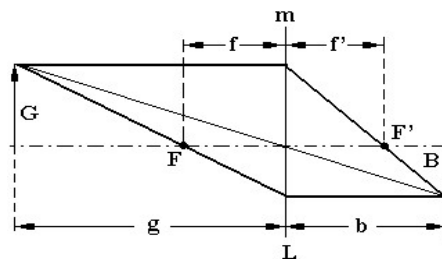


Abb. 1: Skizze zur Bildpunktkonstruktion

Bei dünnen Linsen (Linsendicke  $\ll$  Brennweite; wird im folgenden vorausgesetzt) sind die Abstände bzgl. der Linsenmittelebene  $m$  zu messen. Verlaufen die Strahlen beiderseits der Linse im gleichen Medium, so gilt:  $f = f'$ . Hierfür gilt die folgende Abbildungsgleichung (Linsenformel):

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

Aus der Gegenstandsweite  $g$  und der Bildweite  $b$  kann man mittels Gleichung (1) die Brennweite  $f$  berechnen. Setzt man zwei Linsen wie in Abb. 2 zusammen, so wird der Brennpunkt  $F_1$  der Linse  $L_1$  auf den Brennpunkt  $F'_2$  der Linse  $L_2$  abgebildet. Derartige Linsensysteme zeigen alle Eigenschaften einer einfachen, einzelnen Linse.

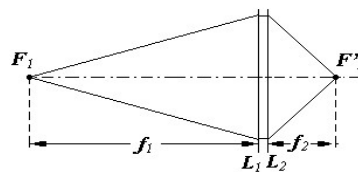


Abb. 2: Skizze für ein System aus zwei Linsen

Man kann also die beiden Linsen als ein Linsensystem mit der Brennweite  $f$  auffassen. Wendet man Formel (1) an mit  $g=f_1$  und  $b=f_2$ , so erhält man -- wenn der Abstand zwischen den beiden Linsen klein ist -- folgende Formel:

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

Die reziproke Brennweite  $\frac{1}{f}$  wird Brechkraft genannt. Maßeinheit der Brechkraft: Dioptrie ( $1 \text{ dpt} = 1 \text{ m}^{-1}$ ).

Die Brechkraft einer Linsenkombination ist gleich der Summe der Brechkräfte der Einzellinsen. Die (negative) Brennweite einer Zerstreuungslinse lässt sich durch Kombination mit einer stärker brechenden Sammellinse unter Benutzung der Formel (2) bestimmen.

Die Erscheinung, dass der Brechungsindex (Brechzahl)  $n$  eines Stoffes für elektromagnetische Wellen von der Wellenlänge abhängt, nennt man **Dispersion**. Die Brennweite einer einfachen Glaslinse ist im blauen Licht kürzer als im roten Licht. Diese Erscheinung heißt **chromatische Aberration** bzw. **Farbfehler**; sie verschlechtert die Abbildungsleistung einer einfachen Linse im weißen Licht: das Bild des Objekts ist unscharf und hat farbige Ränder. Eine einfache Linse besitzt noch weitere Abbildungsfehler wie z. B. den Astigmatismus, die sphärische Aberration (Öffnungsfehler), die Bildfeldwölbung und die Verzeichnung. Die technische Optik erzielt durch eine vorausberechnete Kombination mehrerer aus verschiedenen Glassorten bestehender und unterschiedlich geformter Linsen eine weitgehende Korrektur aller Bildfehler.

### Durchführung:

Bei Messungen jeder Art an Strichskalen - hier an der Dreikantschiene - müssen die Zehntelbruchteile zwischen zwei Teilstrichen unbedingt geschätzt werden.

Als Objekt dient ein auf ein Glas gezeichnetes Speichenrad bzw. ein Testnegativ. Der Kondensator an der Leuchte soll das Licht der Halogenlampe in die abbildende Linse konzentrieren. Der Glühdraht der Halogenbirne soll dabei in die **Mitte der Linse** abgebildet werden. Diese Konzentrierung des Lichtstroms auf den **mittleren Teil** der abbildenden Linse ist deshalb erforderlich, weil bei Miteinbeziehung der **Randzone** der Linse weitere Abbildungsfehler - z.B. die bereits erwähnte sphärische Aberration - auftreten und die Messungen stören könnten. Sie können die Lage des Lampenbildes und seine Fokussierung leicht mit Hilfe eines in den Strahlengang gehaltenen Transparentpapiers kontrollieren. Transparentpapier liegt am Versuchstisch aus.

**Aufgabe 1a: Bestimmung der Brennweite einer Sammellinse:** Die direkte Bestimmung nach Formel (1) liefert nur einen annähernd richtigen Wert. Genauer ist das Verfahren von BESSEL (Abb. 3): Objekt und Bildschirm werden im Abstand  $l > 4f$  aufgestellt. Es gibt dann zwei Positionen der Linse, bei denen auf dem Schirm ein scharfes Bild entsteht. Der Abstand  $e$  dieser beiden Linseneinstellungen ist genauer messbar als  $g$  und  $b$ . Für die Brennweite gilt:

$$f = \frac{l^2 - e^2}{4l} \quad \text{wobei } l = g + b \quad \text{und} \quad e = g - b \quad (3)$$

Bestimmen Sie den Mittelwert für  $e$  aus mindestens zehn Messungen.

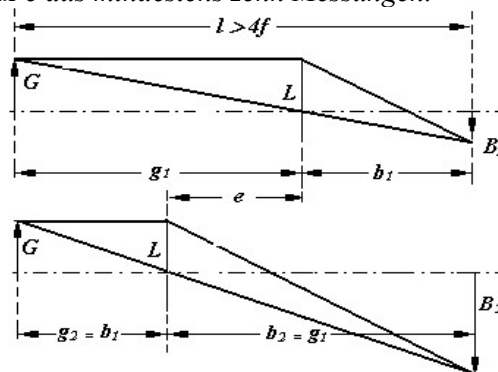


Abb. 3: Skizze zum Verfahren von BESSEL

**Aufgabe 1b: Bestimmung der Brennweite einer Zerstreuungslinse:** Durch die Kombination der Zerstreuungslinse mit der Sammellinse zu einem Linsensystem kann die Brennweite nach dem BESSELSchen Verfahren bestimmt werden. Bestimmen Sie den Mittelwert für  $e$  aus mindestens zehn Messungen. Der Abstand  $e$  muss mindestens zehnmal gemessen werden.

**Aufgabe 2: Farbfehler der Linse:** Durchführung wie Aufgabe 1a, aber statt mit weißem Licht mit rot und mit blau gefiltertem Licht. Auch hier muss  $e$  mindestens zehnmal gemessen werden.

### Literatur:

z.B. Gerthsen, Kneser, Vogel: Physik; W.H. Westphal: Phys. Praktikum;  
F. Wolf: Grundzüge der Physik, Bd.II; Grimsehl: Lehrbuch d. Physik, Bd.III;  
W.H. Westphal: Physik.