

O1 Brennweite von Linsen

Physikalische Grundlagen

Elektromagnetische Wellen mit Wellenlängen von 390nm bis 790nm werden als Licht bezeichnet. Erfahrungsgemäß spielen typische Wellenerscheinungen wie Interferenz und Beugung z.B. bei der Abbildung von Gegenständen durch Linsen, Spiegel oder Blenden nur eine untergeordnete Rolle, weil deren Abmessungen groß gegenüber der Wellenlänge des Lichtes sind. In diesem Fall ist es also nicht notwendig, die Wellennatur des Lichtes zu berücksichtigen, man beschreibt vielmehr im Rahmen der geometrischen Optik den makroskopischen Verlauf von Lichtbündeln, die sich in homogenen Medien geradlinig ausbreiten.

Zur zeichnerischen Darstellung eines solchen Lichtbündels benutzt man ausgezeichnete Strahlen. Dieses sind bei Abbildung durch Linsen der Brennpunktstrahl (1), der Parallelstrahl (2) und der Mittelpunktstrahl (3).

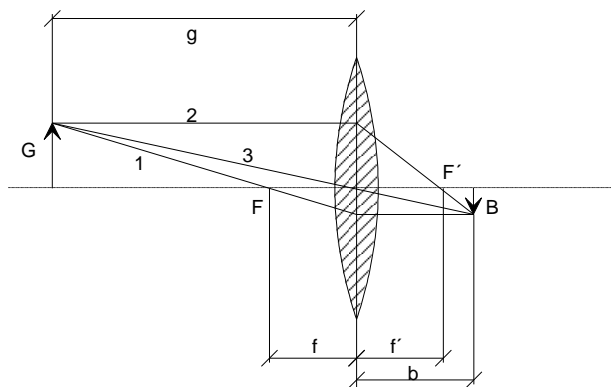


Abb.1 Bildentstehung an einer Sammellinse, G und g (bzw. B und b) sind die Gegenstands (Bild)größe und -weite, F die Brennweite

Werden Gegenstände durch Linsen abgebildet, so entstehen reelle oder virtuelle Bilder. Betrachtet man Abb.1, so folgt aus den Ähnlichkeitssätzen der Abbildungsmaßstab

$$\frac{B}{G} = \frac{b}{g} = \frac{b-f}{f} \quad (1)$$

Nach Umformung folgt die Abbildungsgleichung

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} \quad (2)$$

Diese Beziehung gilt auch für Zerstreuungslinsen ($b < 0, f < 0$).

Bestimmt man für verschiedene Entfernungen e (Abstand Gegenstand - Bild) die Bild- und Gegenstandsweite und trägt diese in einem Diagramm ein, so schneiden sich alle Verbindungslinien in einem Punkt, welcher die Koordinaten (f, f) hat.

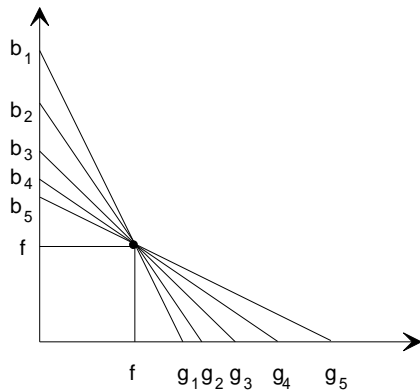


Abb.2 grafische Bestimmung der Brennweite einer Sammellinse

Zur Bestimmung der Brennweite von Sammellinsen nach der Methode von BESSEL verändert man bei fester Stellung von Gegenstand und Bild die Stellung der Linse so, dass Bildweite und Gegenstandsweite miteinander vertauscht werden, wobei man jeweils ein scharfes Bild des Gegenstandes erhält ($b > g$ und $b < g$).

Die Stellungen der Linse sind in Bezug auf Bild und Gegenstand symmetrisch (Bild 3).

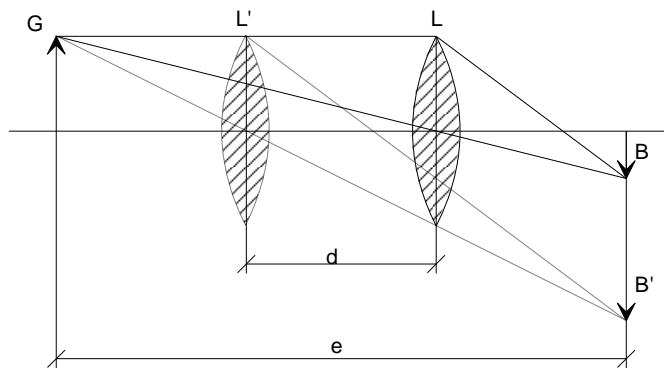


Abb.3 Linsenstellung bei der Besselmethode

Die Brennweite der Linse kann dann mit

$$f = \frac{1}{4} \left(e - \frac{d^2}{e} \right) \quad (3)$$

berechnet werden.

Bei einer Zerstreuungslinse ist die Brennweite f_Z negativ und es werden keine reellen Bilder abgebildet, so dass die oben beschriebenen Methoden zur Bestimmung der Brennweite nicht anwendbar sind. Deshalb fügt man der Zerstreuungslinse eine geeignete Sammellinse der Brenn-

weite f_S bei, so dass die Gesamtbrennweite f_{Ges} positiv wird und sich diese, wie oben beschrieben, bestimmen lässt. Da sich bei Linsensystemen die Brechkraft $D = 1/f$ addieren, kann die Brennweite der Zerstreuungslinse dann mittels

$$\frac{1}{f_Z} = \frac{1}{f_{Ges}} - \frac{1}{f_S} \quad (4)$$

berechnet werden.

Versuchsvorbereitung

- Prinzip von Fermat, Brechungsgesetz
- Abbildungen durch dünne und dicke Linsen, Linsensysteme, Linsenfehler
- Skizzieren Sie die Lage und Größe eines Bildes für einen Gegenstand, der sich außerhalb der doppelten Brennweite, bei der doppelten Brennweite, zwischen einfacher und doppelter Brennweite oder innerhalb der einfachen Brennweite befindet. Welche Aussagen können über Abbildungsmaßstab und Art des Bildes gemacht werden? Welchen praktischen Anwendungen entsprechen die einzelnen Fälle?
- Geben Sie Art, Lage und Größe der Bilder an, die eine Zerstreuungslinse von einem davor gehaltenen Gegenstand erzeugt!
- Begründen Sie mit Hilfe der Abbildungsgleichung, dass nach der Brechung
 - a) Parallelstrahlen durch den bildseitigen Brennpunkt und
 - b) Brennpunktstrahlen achsenparallel verlaufen.
- Leiten Sie die Gleichung (3) her.
- welche Vorteile hat die Bessel-Methode

Aufgaben

- Bestimmen Sie die Brennweite von Sammellinsen nach Messung von Gegenstands- und Bildweite bei verschiedenen Abständen e rechnerisch aus der Abbildungsgleichung (2) und grafisch (Abb.2).
- Bestimmen Sie die Brennweite der Linsen mit der Besselmethode.
- Bestimmen Sie die Brennweite einer Zerstreuungslinse durch Kombination mit einer Sammellinse, deren Brennweite zuvor mit der Besselmethode bestimmt wurde.
- Führen Sie eine Fehlerabschätzung für die Brennweite der Zerstreuungslinse durch.