

O 4 Brennweite von Linsen

1 Aufgabenstellung

Die Brennweite dünner Linsen ist nach unterschiedlichen Verfahren zu bestimmen, Abbildungsfehler sind zu untersuchen.

- 1.1 Die Brennweite einer Sammellinse ist durch Autokollimation zu bestimmen.
- 1.2 Die Brennweite der Sammellinse ist durch Messung von Bild- und Gegenstandsweite aus der graphischen Darstellung der reziproken Werte dieser Größen zu bestimmen.
- 1.3 Die Brennweite der Sammellinse ist aus Gegenstandsweite und Abbildungsmaßstab durch lineare Regression zu bestimmen.
- 1.4 Die Brennweite einer Zerstreuungslinse ist durch Kombination mit der Sammellinse nach dem Verfahren von Bessel zu bestimmen.
- 1.5 Die Differenz der Brennweiten der Sammellinse für Rand- und Zentralstrahlen (sphärische Aberration) ist aus der Änderung von Bild- und Gegenstandsweite zu bestimmen.

Zusatzaufgabe für Physikstudenten:

- 1.6 Der Astigmatismus ist an der vorliegenden Sammellinse zu untersuchen.

2 Literatur

- 2.1 Walcher, W. Praktikum der Physik
 B. G. Teubner Stuttgart
 7. Auflage 1994, S. 140 - 152
- 2.2 Ilberg, W., Physikalisches Praktikum
 Kröttsch, M., B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig
 Geschke, D. 10. Auflage 1994, S. 207 - 209, 211 - 212
- 2.3 Stroppe, H. Physik
 Fachbuchverlag Leipzig, Köln
 9. Auflage 1992, S. 364 - 369

3 Hinweise zum Versuch

- 3.1 Da die Lage der Hauptebenen der Linse nicht exakt bekannt und nicht markiert ist, wird bei allen Gegenstands- und Bildweitenmessungen der Abstand zu ein und demselben Rand des Zeissreiters vor und nach Drehung desselben samt Linse um 180° bestimmt und gemittelt. Der Gegenstand ist im Klemmhalter zu belassen und nur für Aufgabe 1.6 gegen die Spaltblende auszutauschen.
- 3.2 Mindestens 10 unterschiedliche Wertetripel von Gegenstandsweite a , Bildweite a' und Abbildungsmaßstab $\beta = y'/y$ sind in einer Messreihe zu erfassen, wobei auch Messungen bei verkleinerten Bildern vorzunehmen sind. Zu deren Beobachtung und Vermessung ist erforderlichenfalls eine Lupe zu benutzen. Der Schirm wird auf unterschiedliche (runde) Abstände vom Gegenstand eingestellt und die Linse solange verschoben, bis das Bild auf dem Schirm scharf erscheint. Bei transparentem Schirm wird das Bild zweckmäßigerweise auf dessen der Lichtquelle abgewandten Seite, d. h. im Gegenlicht beobachtet.

Die funktionale Abhängigkeit zwischen der reziproken Bild- und Gegenstandsweite ist graphisch darzustellen. Gemäß der Abbildungsgleichung

$$\frac{1}{a'} - \frac{1}{a} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

schneidet die Ausgleichsgerade die Abszisse und die Ordinate bei der reziproken Brennweite $1/f$.

Anmerkung:

Bei der Formulierung der Abbildungsgleichung wurden folgende Festlegungen der DIN 1335 zur technischen Optik berücksichtigt:

- ① Konjugierte Größen werden im Gegenstands- und Bildraum mit gleichem Buchstaben bezeichnet, der im Bildraum mit einem Strich versehen wird (z. B. a' - Bildweite).
- ② Die Nullpunkte der Koordinatensysteme im Bild- und Gegenstandsraum liegen in den bild- bzw. gegenstandsseitigen Hauptpunkten.
- ③ In Lichtausbreitungsrichtung (von links nach rechts) gerichtete Strecken (z. B. die Bildweite) sind positiv, entgegengesetzt gerichtete Strecken (z. B. die Gegenstandsweite) negativ.

- 3.3 Der reziproke Abbildungsmaßstab ist als Funktion der Gegenstandsweite graphisch darzustellen, die Brennweite wird als Kehrwert des Anstiegs der Geraden durch lineare Regression bestimmt.
- 3.4 Zur Bestimmung der Brennweite f_z einer Zerstreuungslinse ist diese mit einer Sammellinse so zu kombinieren, dass das System reelle Bilder liefert. Die Zerstreuungslinse wird in einer gemeinsamen Schraubfassung der Sammellinse weitmöglichst genähert. Die Brennweite des so gebildeten Systems ist nach der Methode von Bessel bei jeweils mindestens 5 unterschiedlichen Abständen s Gegenstand - Schirm (und unverändertem Linsenabstand) vor und nach Drehung des Systems um 180° zu bestimmen. Als Marke zur Messung der Verschiebung e des Systems dient einer der Zeissreiterränder. Zur Beobachtung des verkleinerten Bildes kann wieder eine Lupe benutzt werden.
($s^2 - e^2$) ist als Funktion von s graphisch darzustellen, die Brennweite des Systems ist durch Regression zu bestimmen. Der Berechnung von f_z ist die Brennweite der Sammellinse nach 1.3 zugrunde zu legen; der Linsenabstand ist erforderlichenfalls zu berücksichtigen.
- 3.5 Zur Untersuchung der sphärischen Aberration werden nacheinander eine Loch- und eine Ringblende vor die Sammellinse gesetzt. Die dadurch bedingte Änderung der Bild- bzw. Gegenstandsweite Δa ist bei 3 festen Schirmabständen s zu messen, die Differenz der Brennweiten Δf ist aus Δa , a und s zu berechnen.
- 3.6 Zur Untersuchung des Astigmatismus wird ein Spalt vergrößert abgebildet. Nach Neigung der Linse gegenüber der optischen Achse ist die gleichzeitige Scharfeinstellung des Spaltes in horizontaler und vertikaler Lage nicht mehr möglich. Die sagittale und meridionale Brennweite sind für 2 unterschiedliche Neigungswinkel (z. B. 45° und $22,5^\circ$) nach einem der oben benutzten Verfahren zu bestimmen.

4 Zugeordnete Themenkomplexe

Brechung von Lichtstrahlen, Brechungsgesetz, Fermatsches Prinzip
Abbildung durch Sammel- und Zerstreuungslinsen, Abbildungsgleichung, Abbildungsmaßstab
Abbildung durch Linsensysteme, Hauptebenen, Brennweite des Linsensystems
Abbildungsfehler an Linsen