

Versuch 4: Optik

Team 4-11: Jascha Fricker, Benedict Brouwer

20. März 2023

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | Einleitung | 2 |
| 2 | Theorie | 2 |
| 2.1 | Dünne Linsen | 2 |
| 2.2 | Optisches System | 2 |
| 3 | Ergebnisse | 3 |
| 3.1 | Aufgabe 1 | 3 |
| 3.2 | Einzellinsen | 3 |
| 3.3 | Linsensystem | 3 |
| 3.3.1 | Berechnung der Brennweiten und Hauptebenen | 4 |
| 4 | Diskussion | 6 |

1 Einleitung

In der Physik spielen Linsen in optischen Versuchsaufbauten eine sehr wichtige Rolle. In diesem Versuch soll es darum gehen, verschiedene Methoden auszuprobieren um den Brechungsindex und Hauptebenenabstand verschiedener Linsen bzw. Linsensysteme zu messen.

2 Theorie

2.1 Dünne Linsen

Autokollimationsmethode Bei Autokollimationsmethode ist die Brennweite

$$f = d \quad (1)$$

bei dünnen Linsen genau der Abstand d zwischen Objekt/Bild und Linse.

Besselmethode Bei der Besselmethode kann die Brennweite

$$f = \frac{1}{4} \left(e - \frac{d^2}{e} \right) = \frac{1}{4} \left(e - \frac{(a_2 - a_1)^2}{e} \right) \quad (2)$$

durch die zwei Positionen der Linse a_1 und a_2 und den Abstand Objektschirm e bestimmt werden.

2.2 Optisches System

Für die Gesamtbrennweite und Hauptebenen eines Optischen Systems gilt

$$f = \frac{f'_1 \cdot f'_2}{t - f'_1 - f'_2} \quad (3)$$

$$h = \frac{f_1}{f_1 + f_2 + f_3 + \dots} \quad (4)$$

Bessel- und Autokollimationsmethode Bei dicken Linsen kann durch zusammenführen der Besselmethode und Autokollimationsmethode die Brennweite f' und der Hauptebenenabstand h

$$\begin{aligned} f' &= \frac{1}{2} \sqrt{(e - k - l)^2 - d^2} \\ h &= k + l - \sqrt{(e - k - l)^2 - d^2} \end{aligned} \quad (5)$$

bestimmt werden. Dabei ist $d = a_2 - a_1$ die Distanz zwischen den beiden Positionen der Linse, e der Abstand zwischen Objekt und Schirm, k der Abstand zwischen Linse und Objekt/Bild und l der Abstand zwischen Objekt/Bild bei umgedrehten Linsensystem.

Messmethode nach Abbe Es gelten die zwei Beziehungen

$$g = f \cdot \left(1 - \frac{1}{\beta}\right) + h_1 \quad (6)$$

$$g' = f' \cdot (1 - \beta) + h_2 \quad (7)$$

$$(mit) \quad \beta = \frac{y'}{y} \quad (8)$$

Durch fitten an die Daten für den Abstand zum Objekt g bzw zum Bild g' kann die Brennweite f bzw f' und der Hauptebenenabstand h_1 und h_2 bestimmt werden.

3 Ergebnisse

3.1 Aufgabe 1

Als erstes wurden alle Linsen angeschaut. Durch beobachten des Millimeterpapiers durch die Linsen konnte zwischen einem vergrößernden Effekt (Konvexe Linse) und einem verkleinernden Effekt (Konkave Linse) unterschieden werden. Nur die Linse E konnte als Streulise identifiziert werden, alle anderen Linsen waren als Sammellisen zu erkennen.

3.2 Einzellinsen

Die Ergebnisse der Autokollimationsmethode und der Besselmethode sowie der gewichtete Mittelwert der beiden Methoden wurden mit den Formel (1) und (2) sind in der Tabelle 1 dargestellt.

| Methode | Brennweite B | Brennweite G |
|-----------------|--------------|--------------|
| Autokollimation | 10,04(5)cm | 7,49(7)cm |
| Bessel | 9,97(8)cm | 7,488(35)cm |
| Mittelwert | 10.02(4)cm | 7.492(31)cm |

Tabelle 1: Brennweiten der Linsen B und G

Der Fehler der Länge wurde mit Tabelle 5 des ABW-Skripts [1] berechnet und durch den gewichteten Mittelwert fortgepflanzt.

3.3 Linsensystem

Wir haben das Linsensystem E-G mit 30 mm Abstand für unsere Messungen benutzt.

Autokollimation- und Besselmethode Mit Gleichung 5 konnte aus den Messwerten der beiden Methoden die Brennweite und der Hauptebenenabstand

$$f' = 13,10(20)\text{cm} \quad (9)$$

$$h = 0,3(6)\text{cm} \quad (10)$$

bestimmt werden. Der Fehler der Länge wurde mit Tabelle 5 des ABW-Skripts [1] berechnet und der gewichtete Mittelwert wurde genutzt.

Messmethode nach Abbe Um die Brennweiten und Hauptebenenabstände zu bestimmen,

$$f = 14,21(28)\text{cm} \quad (11)$$

$$f' = -12,74(19)\text{cm} \quad (12)$$

$$h_1 = -21,62(43)\text{cm} \quad (13)$$

$$h_2 = 32,31(59)\text{cm} \quad (14)$$

wurden die Messwerte für den Abstand zum Objekt g und zum Bild g' mit den Formeln (6) und (7) gefittet. Die Fits sind in 1 und 2 dargestellt.

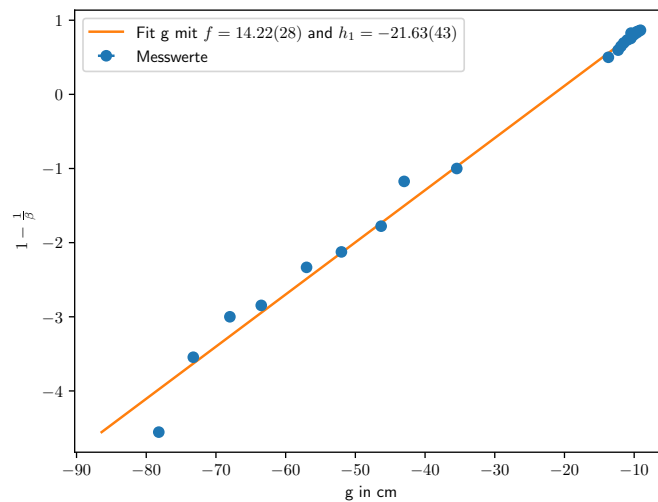


Abbildung 1: Fit der Messwerte für den Abstand zum Objekt

3.3.1 Berechnung der Brennweiten und Hauptebenen

Durch umstellen der Gleichung (3) nach f_E kann die Brennweite der ersten Linse E bei durch Aufgaben 2 und 3 gegebener Brennweite $f_G = 7.492(31)\text{cm}$

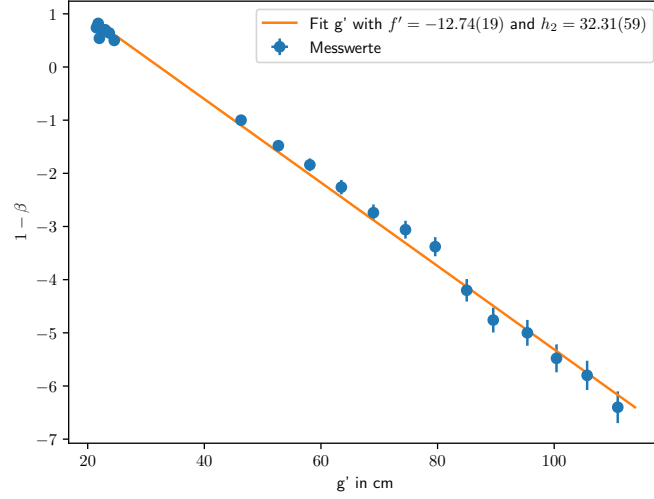


Abbildung 2: Fit der Messwerte für den Abstand zum Bild

und $f' = -13,10(20)\text{cm}$ berechnet werden. Der Abstand $t = 3\text{cm}$ ist auch gegeben.

$$f_E = \frac{f' (t - f')}{f' - f_G} = 10.24(20)\text{cm} \quad (15)$$

Diese Wert für f_E stimmt sehr gut mit der Vorgabe überein, hat aber nur eine kleine Unsicherheit.

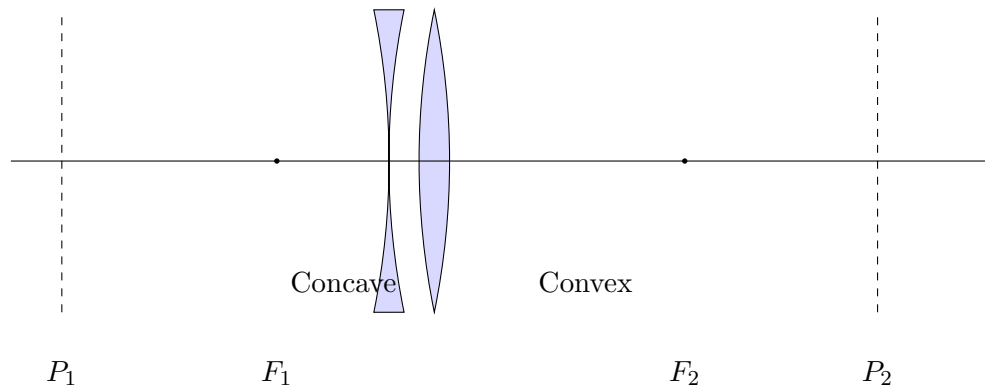


Abbildung 3: Bild des Aufbaus

4 Diskussion

Literatur

- [1] Technische Universität München. Hinweise zur Beurteilung von Messungen, Messergebnissen und Messunsicherheiten (ABW). <https://www.ph.tum.de/academics/org/labs/ap/org/ABW.pdf>, März 2021.