

# Versuch 4: Optik

Team 4-11: Jascha Fricker, Benedict Brouwer

20. März 2023

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Theorie</b>	<b>2</b>
2.1	Dünne Linsen . . . . .	2
2.2	Optisches System . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>3</b>
3.1	Aufgabe 1 . . . . .	3
3.2	Einzellinsen . . . . .	3
3.3	Linsensystem . . . . .	4
3.3.1	Berechnung der Brennweiten und Hauptebenen . . . .	5
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>6</b>

# 1 Einleitung

Optische Abbildungen sind Bilder von Objekten, die durch optische Systeme wie Linsen oder Spiegel erzeugt werden. Sie können vergrößert oder verkleinert sein und können auf verschiedenen Oberflächen wie einem Schirm oder der Netzhaut des Auges abgebildet werden. Optische Abbildungen spielen eine wichtige Rolle in vielen Bereichen wie der Fotografie, der Mikroskopie und der Astronomie. In diesem Versuch werden wir uns mit geometrischer Optik beschäftigen und die verschiedenen Arten von Abbildungen untersuchen.

## 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 Objekt-Schirm  $e$  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 verkleinerndem 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.

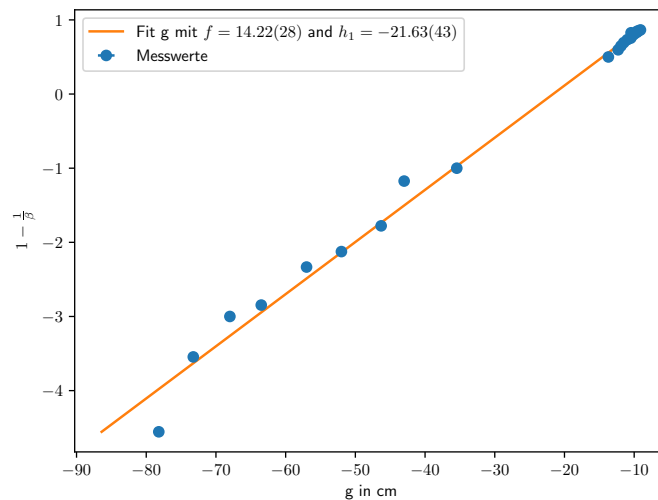


Abbildung 1: Fit der Messwerte für den Abstand zum Objekt

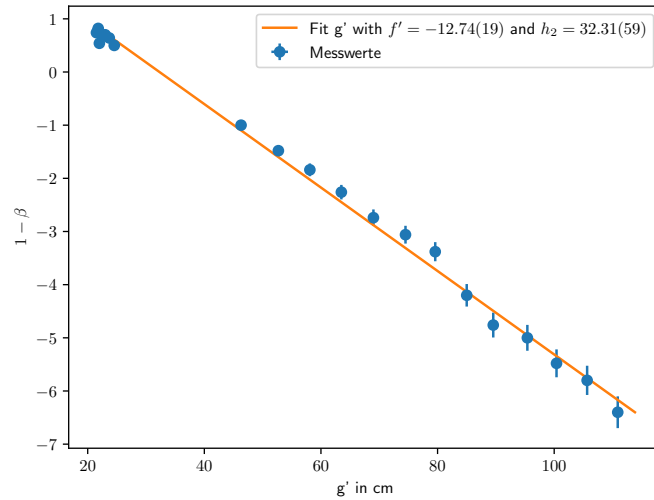


Abbildung 2: Fit der Messwerte für den Abstand zum Bild

### 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  $f_G = 7.492(31)\text{cm}$  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.

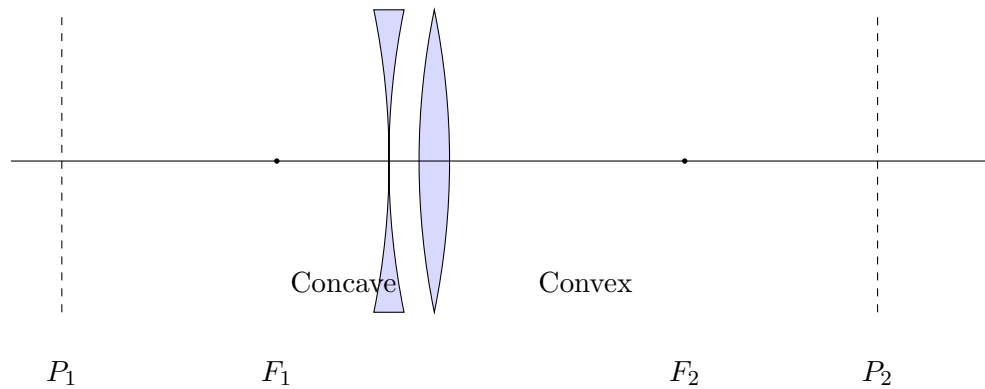


Abbildung 3: Bild des Aufbaus

## 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.