

PW2

October 17, 2025

1 Geometrische Optik

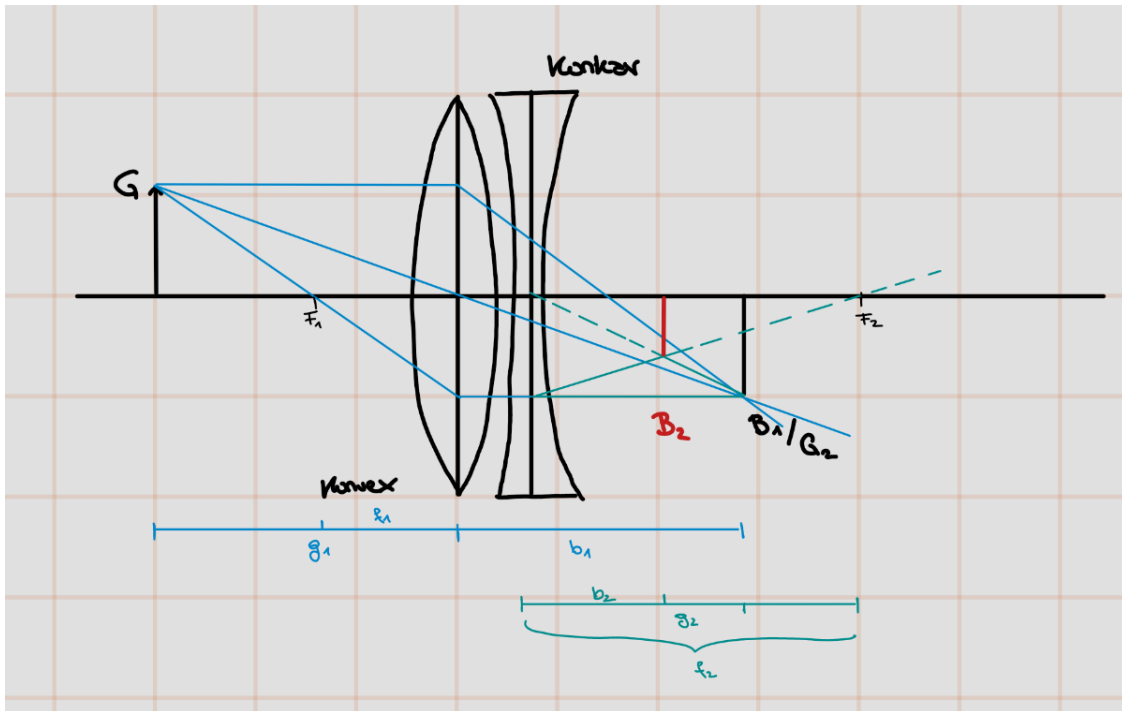
1.1 Brennweiten von Linsen

1.1.1 Versuchsaufbau und Durchführung

Auf einer optischen Bank werden Lichtquelle, Linse(n), Gegenstand und Schirm platziert. Dabei wird darauf geachtet, dass die optische Achse mittig durch die Linse(n) läuft.

Zur Bestimmung der Brennweite einer Konvexlinse wird zuerst die Bildweite bei einer fixen Gegenstandsweite gemessen, indem der Schirm bewegt wird, bis das Bild scharf ist. Hierbei wird eine Messreihe von mindestens fünf Werten angefertigt und die Fehler der ermittelten Größe berechnet. Anschließend wird die Brennweite mit dem Besselfahren ermittelt. Hier werden fünf verschiedene Abstände e zwischen Gegenstand und Schirm eingestellt, wobei hier darauf geachtet werden muss, dass dieser Abstand mindestens viermal so groß wie die Brennweite f der Linse ist. Es wird jeweils der Abstand d zwischen den beiden Punkten der Linse bestimmt, an denen das Bild scharf ist, und so die Brennweite ermittelt.

Nun wird die Brennweite einer Konkavlinse ermittelt. Da diese kein reelles Bild zeigt, muss mit Hilfe einer Konvexlinse gearbeitet werden (siehe Skizze Versuchsaufbau). Zuerst wird mithilfe der Konvexlinse ein verkleinertes Bild erzeugt. Dieses dient der Konkavlinse als Gegenstand. Sie wird nun zwischen Schirm und Konvexlinse (mit Abstand d) eingebracht und der Schirm soweit verschoben, bis ein reelles, scharfes Bild zu sehen ist. Nun kann die Brennweite der Konkavlinse berechnet werden.



Aus den jeweils berechneten Brennweiten der Linsen wird zuletzt noch die Dioptrie D bestimmt.

Wichtige Formeln

- Linsengleichung: $\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{g}$
- Besselverfahren: $f = \frac{1}{4}(e - \frac{d^2}{e})$
- Gegenstandsweite g_2 bei Bestimmung der Brennweite der Konkavlinse: $g_2 = -(b_1 - d)$
- Dioptrie: $D = \frac{1}{f}$

Verwendete Geräte und Unsicherheiten

- Optische Bank: 1 mm

1.1.2 Ergebnisse

	Brennweite f [mm]
0	(156.86 ± 0.65)
1	(157.31 ± 0.65)
2	(154.12 ± 0.66)
3	(154.58 ± 0.66)
4	(154.58 ± 0.66)
5	(156.40 ± 0.65)
6	(156.40 ± 0.65)
<i>mittel</i>	(156 ± 3)

$$\frac{1}{f} = D = (6.42 + / - 0.12) \frac{1}{m}$$

Besselverfahren

	Brennweite f [mm]
0	(153.72 ± 0.60)
1	(153.53 ± 0.63)
2	(154.38 ± 0.65)
3	(154.95 ± 0.67)
4	(154.62 ± 0.68)
<i>mittel</i>	(154 ± 3)

$$\frac{1}{f} = D = (6.48 + / - 0.13) \frac{1}{m}$$

	Brennweite f [mm?]
0	(-461.44 ± 4.36)
1	(-505.71 ± 6.68)
<i>mittel</i>	(-483.57 ± 22.14)

$$\frac{1}{f} = D = (-2.07 + / - 0.09) \frac{1}{m}$$

1.1.3 Diskussion

Für die Konvexlinse wurde eine Brennweite von ca. 155 mm und eine Dioptrie von ca. 6.45 1/m bestimmt. Die ermittelten Werte liegen bei den beiden Bestimmungsmethoden jeweils im Unsicherheitsbereich der anderen Methode, was für einen korrekt gemessenen Wert spricht. Die Messunsicherheit haben wir aufgrund von menschlichen Ungenauigkeiten auf 3mm angehoben.

Für die Konkavlinse war die genau Bestimmung schwieriger, da hier mit mehr Messungen gearbeitet wird. Wir haben eine Brennweite von ca. -484 mm und eine Dioptrie von ca. -2 1/m bestimmt.

1.2 Linsenfehler

1.2.1 Versuchsaufbau und Durchführung

Zur Bestimmung der sphärischen Abberation einer Konvexlinse wird ähnlich vorgegangen wie bei der Bestimmung ihrer Brennweite, mit dem Unterschied, dass Blenden verwendet werden um abwechselnd achsennahe und achsenferne Strahlen auszublenden. Es wird erneut eine Messreihe von mindestens fünf Messungen angefertigt, die Brennweiten für achsenferne und achsennahe Strahlen mithilfe der Linsengleichung berechnet und deren Unsicherheit angegeben.

Um die chromatische Abberation zu bestimmen werden Farbfilter in den Farben rot, grün und blau verwendet. Vor dem Einsetzen der Farbfilter wird der Abstand zwischen Lichtquelle und Gegenstand erhöht und ein möglichst paralleles Lichtbündel erzeugt. Hierzu kann auch die Blende zum Ausblenden der achsenfernen Strahlen verwendet werden. Anschließend werden erneut die Bildweiten bestimmt und die Brennweiten mitsamt Unsicherheiten berechnet. Auch hier wird eine Messreihe von jeweils mindestens fünf Messungen angefertigt.

Wichtige Formeln

- Linsengleichung: $\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{g}$

Verwendete Geräte und Unsicherheiten

- Optische Bank: 1 mm

1.2.2 Ergebnisse

Ferne Bildweite b_f [mm]		Nahe Bildweite b_n [mm]	
(225.00 \pm 1.41)		(265.00 \pm 1.41)	
(228.00 \pm 1.41)		(265.00 \pm 1.41)	
(228.00 \pm 1.41)		(267.00 \pm 1.41)	
(229.00 \pm 1.41)		(268.00 \pm 1.41)	
(226.00 \pm 1.41)		(265.00 \pm 1.41)	
$\bar{b}_f = (227.20 \pm 0.73)$		$\bar{b}_n = (266.00 \pm 0.63)$	
$b_f = (227 \pm 3)$		$b_n = (266 \pm 3)$	

Rote Bildweite b_r [mm]	Grüne Bildweite b_g [mm]	Blaue Bildweite b_b [mm]
(194.00 \pm 1.41)	(192.00 \pm 1.41)	(191.00 \pm 1.41)
(192.00 \pm 1.41)	(190.00 \pm 1.41)	(191.00 \pm 1.41)
(192.00 \pm 1.41)	(189.00 \pm 1.41)	(191.00 \pm 1.41)
(195.00 \pm 1.41)	(190.00 \pm 1.41)	(189.00 \pm 1.41)
(191.00 \pm 1.41)	(190.00 \pm 1.41)	(191.00 \pm 1.41)
(192.80 \pm 0.73)	(190.20 \pm 0.49)	(190.60 \pm 0.40)
$b_r = (193 \pm 5)$	$b_g = (190 \pm 5)$	$b_b = (191 \pm 5)$

1.2.3 Diskussion

Bei der sphärischen Abberation ist zu erkennen, dass die Bildweite achsenferner Strahlen geringer ist als die der achsennahen Strahlen. Das liegt daran, dass achsenferne Strahlen stärker gebrochen werden, da sie weiter außen auf Linse bei einer stärkeren Krümmung aufkommen. Auch hier haben wir aus Gründen der menschlichen Ungenauigkeit und dem Aufbau eine Unsicherheit von 3mm angenommen.

Die Unterschiede der Bildweiten der einzelnen Farben bei der chromatischen Abberation sind nur sehr klein. Auch waren die Punkte, an denen das Bild scharf ist schwer zu erkennen, weswegen wir die Unsicherheit auf 5 mm angehoben haben. Rotes Licht hat zwar die höchste Bildweite, da es am

wenigsten stark gebrochen wird, allerdings liegen die ermittelten Werte aller Farben immer noch im Unsicherheitsbereich der jeweils anderen.