

V408

TITEL

Benedikt Nelles
benedikt.nelles@tu-dortmund.de

Tom Bollig
tom.bollig@tu-dortmund.de

Durchführung: DATUM

Abgabe: DATUM

Inhaltsverzeichnis

1	Theorie	3
2	Durchführung	3
2.1	Bestimmung der Brennweite	3
2.2	Methode von Bessel	4
2.3	Methode von Abbe	4
3	Auswertung	4
3.1	Brennweitenbestimmung durch Messung von Gegenstands- und Bildweite	4

1 Theorie

Bei Linsen wird generell zwischen Sammellinsen und Zerstreuungslinsen unterschieden. Sammellinsen und Streuungslinsen unterscheiden sich darin, dass die Brennweite f bei Sammellinsen positiv ist und bei Zerstreuungslinsen negativ. Zusätzlich werden auch zwei Hauptebenen definiert, an denen die Brechung mathematisch modelliert wird. Im Fall einer dünnen Linse fallen die beiden Hauptebenen auf die Mittelebene zusammen. Der Abbildungsmaßstab V , der das Verhältnis der Bildgröße B_g zu der Gegenstandsgröße G_g wiedergibt, wird in diesem Fall auch zu

$$V = \frac{B_g}{G_g} \quad (1)$$

$$V = \frac{b}{g}, \quad (2)$$

wobei b der Abstand zwischen dem Bild und der Mittelebene ist und g der Abstand vom Gegenstand zur Mittelebene. Des weiteren gilt bei solchen Linsen für die Brennweite die Beziehung

$$f = \frac{b+g}{bg}, \quad (3)$$

wenn das Bild in der Bildebene scharf erscheint.

Für den Fall, dass mit zwei Linsen gearbeitet wird, wobei eine eine Sammellinse und eine eine Streulinse ist, ist es möglich, falls beide dünn genug sind, für beide Linsen zwei gemeinsame Hauptebenen zu definieren. Dazu wird im Aufbau ein Referenzpunkt A gewählt, dessen Abstand zum Gegenstand g' und zum Bildschirm b' über die beiden Gleichungen

$$g' = f\left(1 - \frac{1}{V}\right) + h \quad (4)$$

$$b' = f(1 + V) + h' \quad (5)$$

bestimmt sind, wobei h der Abstand von A zur Hauptebene H ist und h' der Abstand von A zur anderen Hauptebene H' .

Ein Effekt der bei Linsen auftritt, der beachtet werden muss, ist die chromatische Aberration. Diese beschreibt eine Verzerrung des Bildes, dessen Licht durch eine Linse läuft, aufgrund der verschiedenen Wellenlängen, die unterschiedlich gebrochen werden an dieser. Als Folge entstehen bei nicht monochromatischem Licht mehrere Bilder auf dem Schirm, die unterschiedlichen Wellenlängen entsprechen und somit die Präzision von Messungen an dem Bild verschlechtert werden. [sample]

2 Durchführung

Der Aufbau besteht aus einer optischen Bank, auf der eine Halogenlampe und beweglicher Schirm befestigt wird. Zwischen diesen wird ein Gegenstand installiert. Dieser ist ein aus Perlen bestehendes L, welches im Folgenden als 'Pearl L' bezeichnet wird. Es befindet sich bei der Position $P_G = (25,0 \pm 0,1) \text{ cm}$ und besitzt die Größe $G = (3,0 \pm 0,1) \text{ cm}$.

2.1 Bestimmung der Brennweite

Eine Sammellinse bekannter Brennweite, in diesem Fall 100 mm, wird zwischen Gegenstand und Schirm aufgestellt. Für diese werden 10 Messwerte der Position des Schirms bei verschiedenen Positionen der Linse aufgenommen, wobei der Schirm so lange verschoben wird, bis das Bild scharf zu sehen ist. Dabei werden auch Werte für die Größe des Bildes aufgenommen, welche mithilfe eines Maßbandes abgelesen werden.

2.2 Methode von Bessel

Für eine feste Position des Schirmes wird hier die Linse so lange verschoben, bis ein scharfes Bild erkennbar ist. Danach wird dieses weiter in Richtung Schirm geschoben, bis zum zweiten Mal ein scharfes Bild auftaucht. Die Position der Linse kann man in Abbildung 1 erkennen. Beide Positionen der Linse so wie die des Schirmes werden für 10 Abstände zwischen Lampe und Schirm gemessen. Daraufhin wird erst eine blaue und dann eine Rote durchsichtige Platte hinter die 'Pearl L' gesetzt um die Messung für jeweils 5 Abstände wiederholt.

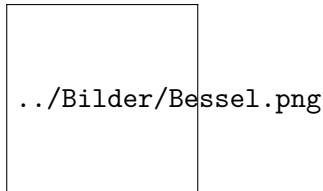


Abbildung 1: Hier ist schematisch die Position der Linsen bei der Methode von Bessel zur Bestimmung der Brennweite einer Linse dargestellt.

2.3 Methode von Abbe

Vor die Sammellinse wird eine Streulinse mit ebenfalls 100 mm wie in Abbildung 2 installiert. Die Linsen werden zusammengestellt und bleiben auch zusammen für den weiteren Verlauf des Versuches. Mit der Kante des Linsenreiters zwischen den Linsen als Referenzpunkt A wurden 10 Messungen der Position des Referenzpunktes für verschiedene Gegenstandsweiten durchgeführt.

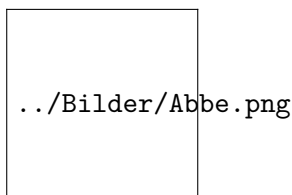


Abbildung 2: Abgebildet ist hier der Aufbau der Methode von Abbe.

3 Auswertung

3.1 Brennweitenbestimmung durch Messung von Gegenstands- und Bildweite

In ?? sind die Werte für die Positionen des Gegenstandes P_L und die Position des Schirms P_S eingetragen. Durch diese Werte lässt sich mit

$$g = P_L - P_G \quad (6)$$

die Gegenstandsweite ausrechnen. Für die Bildweite gilt

$$b = P_S - P_L \quad (7)$$

. Auch die Größe des Bildes B wurde gemessen. Mit der Formel ?? wird V_1 und mit ?? wird V_2 berechnet. Auch diese Werte, sowie die Differenz zwischen beiden, werden in Tabelle ?? hinzugefügt. Die Brennweite der Linse wird mit ?? ausgerechnet und ebenfalls in die Tabelle eingetragen.

Tabelle 1: Aufgeführt sind hier die gemessene Position der Linse, sowie die davon abhängige Position des Schirms um ein scharfes Bild zu erhalten. Zudem wurden aus diesen Werten Gegenstands- und Bildweite berechnet. Dazu wurde die Größe des Bildes gemessen und einerseits mit den gemessenen Größen und andererseits mit Bild- und Gegenstandsweite der Abbildungsmaßstab berechnet. δV ist die Differenz davon. Die Ungenauigkeit dieser Werte beträgt $\pm 0,1$ cm

	P_L / cm	P_S / cm	g /cm	b /cm	B /cm	V_1 cm	V_2 cm	V cm	f cm
	40	62.9	15	22.9	5.0				
	45	61.0	20	16.0	2.9				
	50	63.5	25	13.5	2.2				
	55	67.2	30	12.2	1.8				
de=math;	60	71.6	35	11.6	1.0				
	65	75.8	40	10.8	0.8				
	70	80.6	45	10.6	0.6				
	75	85.3	50	10.3	0.5				
	80	90.0	55	10.0	0.4				
	85	94.7	60	9.7	0.3				

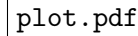


Abbildung 3: Abgebildet sind die Werte der Bildweite auf der y-Achse und die der Gegenstandsweite auf der x-Achse.

3.2 Brennweitenbestimmung mit der Methode von Bessel

Mithilfe von Gleichung 2 kann in diesem Fall die Brennweite über den Abstand der beiden Positionen der Linse d und den Abstand zwischen Gegenstand und Schirm e umformuliert werden als

$$f = \frac{e^2 - d^2}{4e}. \quad (8)$$

Tabelle 2: Messwerte ohne einen Farbfilter.

P_{L_1} / cm	P_{L_2} / cm	P_S / cm
38.5	54.6	70
37	60.7	75
36.6	66.4	80
36.1	71.6	85
35.9	76.7	90
35.8	82.1	95
35.8	87.2	100
35.4	92.5	105
35.2	97.5	110
35.2	102.7	115

Daraus lassen sich d und e berechnen mit

$$d = P_{L_2} - P_{L_1} \quad (9)$$

$$e = P_S - P_G. \quad (10)$$

Der errechnete Mittelwert für die Brennweite f beträgt dann nach Gleichung ?? $(9,80 \pm 0,06) \text{ cm}$

Tabelle 3: Messwerte mit einem blauen Filter.

P_{L_1} / cm	P_{L_2} / cm	P_S / cm
38.2	54.8	70
37.2	60.5	75
36.5	66.5	80
36.4	71.8	85
36.0	76.9	90

Tabelle 4: Messwerte mit einem rotem Filter.

P_{L_1} / cm	P_{L_2} / cm	P_S / cm
38.4	54.7	70
37.3	60.7	75
36.8	66.3	80
36.3	71.6	85
36.3	76.7	90

Nach der gleichen Methode, wie bei der Messung ohne Filter, wird die Brennweite der Linse bestimmt mit den Farbfiltern. Dabei ergeben sich Brennweiten von $f_b = (9,75 \pm 0,06) \text{ cm}$ und $f_r = (9,82 \pm 0,08) \text{ cm}$.

Siehe ?? und ??!

3.3 Brennweitenbestimmung mit der Methode von Abbe

4 Diskussion