

Physikpraktikum III

Brennweitenmessung von Linsen

KENN Michael, 8725258

17. Juni 2010

Zusammenfassung

Im Rahmen des Physikpraktikums II SS2010 wurden die Brennweiten von verschiedenen Linsentypen bestimmt.

1 Einleitung und Zielsetzung

Aufgabe dieser Praktikumsübung war es, die Brennweiten zweier Sammellinsen sowie die Brennweite einer Zerstreuungslinse auf zwei verschiedene Arten zu bestimmen. Bei den Sammellinsen wurde dabei die Linsengleichung und das Besselverfahren herangezogen. Bei der Zerstreuungslinse dagegen wurde durch das Verschieben einer Sammellinse mit bekannter Brennweite ein Linsensystem generiert. Aus der Brennweite dieses Linsensystems konnte wieder mit Hilfe des Besselverfahrens auf die Brennweite der Zerstreuungslinse geschlossen werden.

2 Physikalische Grundlagen und Messmethoden

Im weiteren bezeichnen b die Bildweite, g die Gegenstandsweite und f die Brennweite einer Linse. Die Linsengleichung lautet

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$$

Bei gegebener Gegenstandsweite g und Bildweite b lässt sich daraus die Brennweite f bestimmen¹.

Die zweite Möglichkeit die Brennweite f einer Linse zu bestimmen ist das Besselverfahren. Dabei wird Nutzen gezogen aus der Tatsache, dass es für jede Distanz $s = g + b$ eine zweite Linsenposition mit $s = g' + b'$ gibt. Bezeichnet e die relative Distanz der beiden möglichen Linsenpositionen, also

$$e = |g - g'| = |b - b'|,$$

so gilt

$$f = \frac{s^2 - e^2}{4s}$$

Zur Bestimmung der Brennweite f_Z einer Zerstreuungslinse schaltet man zunächst eine Sammellinse mit bekannter Brennweite f_S vor. Die Gesamtbrennweite f_G dieses Linsensystems ist

$$\frac{1}{f_G} = \frac{1}{f_S} + \frac{1}{f_Z} - \frac{d}{f_S f_Z},$$

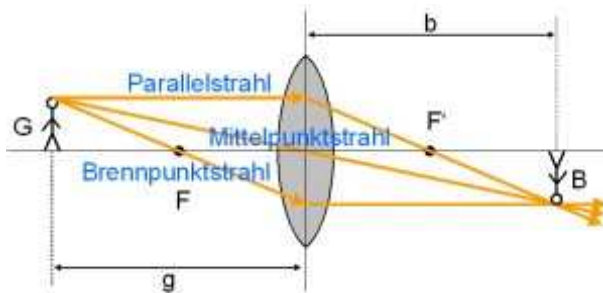
wobei d die Distanz der beiden Linsen angibt. Wir nehmen d als vernachlässigbar klein an und erhalten

$$f_Z = -\frac{f_G f_S}{f_G - f_S} \quad (1)$$

3 Experimenteller Aufbau

Eine Lichtquelle wird auf einen Projektionsschirm in einer variablen Entfernung s gerichtet. Zwischen Lichtquelle und Projektionsschirm wird die ebenfalls bewegliche Linse (bzw. Linsensystem), deren Brennweite zu bestimmen ist, positioniert. Die Linse kann nun für beliebige s solange zwischen Lichtquelle und Projektionsschirm adjustiert werden, bis am Projektionsschirm ein scharfes Bild erkennbar ist.

¹Es ist zu beachten, dass b und f abhängig vom Linsentyp auch negative Werte annehmen können.



Für jede Messung gilt folglich $s = g + b$. Weitere Abbildungen finden sich bei [1].

4 Messvorgang

Für je drei verschiedene Distanzen s zwischen Lichtquelle und Projektionschirm wurde die jeweilige Linse bzw. das Linsensystem in diejenigen beiden Positionen gebracht, in denen das Bild am Projektionschirm optisch mit freiem Auge möglichst scharf zu sehen war. Für jede solche Distanz s wurden die Werte g , g' , b und b' mit einem herkömmlichen Massband gemessen. Die Distanzen sind in mm gegeben, wobei aufgrund der Messmethode Fehler von bis zu ± 5 mm möglich sind. $f(L)$ und $f'(L)$ sind die beiden mittels Linsengleichung bestimmten Brennweiten, $f(B)$ mittels Besselverfahren, wobei hier für s und e jeweils Mittelwerte genommen wurden. Das Linsensystem besteht aus der kleineren Linse und der Zerstreuungslinse.

	g	b	g'	b'	$f(L)$	$f'(L)$	$f(B)$
kleine Linse	125	1590	1622	95	116	90	103
	140	1243	1280	97	126	90	108
	132	1061	1090	100	117	92	105
große Linse	242	1478	1476	245	208	210	209
	262	987	973	272	207	213	210
	308	605	595	312	204	205	204
Linsensystem	155	1331	1058	426	(139)	(304)	234
	105	1139	785	457	(96)	(289)	217
	108	818	441	484	(95)	(231)	201

5 Auswertung

Bei dicken Linsen oder Linsensystemen ist eine Berechnung der Brennweiten mittels Linsengleichung nicht zielführend², was in obiger Tabelle seine Bestätigung findet. Wir stützen uns deshalb bei der Fehleranalyse auf das Besselverfahren, wobei wir den worst case, also Messungenauigkeiten von ± 5 mm angenommen haben. Das liefert folgende Brennweiten f :

	Brennweite f
kleine Linse	105 ± 8 mm
große Linse	208 ± 6 mm
Linsensystem	217 ± 20 mm

Für die Zerstreuungslinse erhält man so nach Gleichung (1) eine wahrscheinlichste Brennweite \bar{f}_Z

$$\bar{f}_Z = -204 \pm 17 \text{ mm}$$

Geht man vom worst case Szenario aus, also akkumulierte Messungenauigkeiten von ± 5 mm, so erhält man als Fehlerintervall

$$f_Z \in [-260 \text{ mm}, -169 \text{ mm}]$$

6 Schlussfolgerungen

Die Bestimmung der Brennweite mittels optischem Scharfstellen und Linsengleichung ist nicht zielführend. Das Besselverfahren liefert dagegen brauchbare Werte für Sammellinsen.

Beim Linsensystem aus einer Sammellinse und einer Zerstreuungslinse war die Bestimmung der Brennweite nur mit großer Ungenauigkeit möglich. Die Gründe dafür könnten an der Methode selbst liegen aber auch eventuell an zu ungenauer Messung. Deshalb ist es uns auch nicht gelungen die Brennweite der Zerstreuungslinse zuverlässig mit zufriedenstellender Genauigkeit zu bestimmen.

²vgl. Seite 2 der Angabe

Literatur

- [1] Praktikum zur Einführung in die Physik II WS 2009/10
<https://elearning.mat.univie.ac.at/physikwiki/index.php/LV006:LV-Uebersicht/SS10>