Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler

Blockpraktikum Wintersemester 2022/23

Optische Abbildungen mit Linsen

20.02.2023

[redacted]

Gruppe 1

Betreut durch [redacted]

Einleitung

Optische Abbildungen mit Linsen spielen eine bedeutsame Rolle in unserem Alltag, sie werden zum Beispiel in der Photographie, Projektionstechnik und in der Medizin für therapeutische und Diagnostische Zwecke eingesetzt. In diesem Praktikumsversuchs werden wir Optische Abbildungen mit Linsen untersuchen um so unsere Kenntnisse zu geometrischen Grundlagen in der Optik experimentell nachzuvollziehen und zu vertiefen.

Schwerpunktmäßig beschäftigen wir uns ins diesem Praktikumsversuch mit der Bestimmung von Brennweiten von Sammel- und Zerstreuungslinsen, dies konnten wir mithilfe von drei verschiedenen Verfahren durchführen, Der Abbildungsgleichung [OA 4], Das Autokollimationsverfahren und das Bessel´sches Verfahren [OA 10]

Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

Benötigte Komponente

- Optische Bank mit verschiebbaren Reitern
- Linsen: 2 Sammellinsen (A&B), 1 Zerstreuungslinse (C)
- Experimentierleuchte
- Lochblende
- Schirm und Spiegel
- Graulichtfilter

Zur Beginn der Versuche wird die Experimentierleuchte am linken Ende der Optischen Bank befestigt und die Lochblende in die Halterung geschoben, diese Position [PG] bleibt während allen versuche unverändert.

Brennweiten Bestimmung mittels der Abbildungsgleichung

Die Durchführung erfolgt unter 2 verschiedene Bedingungen,
a) $|g| > 2 \cdot |f|$
b) $|f| < |g| < 2 \cdot |f|$

Der Schirm wird am rechte Ende der optischen Bank befestigt, beide Sammellinsen A und B werden jeweils einzelnd in einem verschiebbaren Reiter fixiert und an der optischen Bank entlang geschoben bis am Schirm ein a) Reelles, verkleinertes und invertiertes Bild und b) Ein reelles, vergrößertes und invertiertes Bild von der Lochblende scharf zu erkennen ist. Die Positionen an der Optischen Bank von der Linse [P_L] und vom Schirm [P_B] werden beim jeweils gewünschten Ergebnis notiert. Weil aber die Position vom Schirm anfangs willkürlich gewählt worden ist, wird es entlang der Optischen Bank vorwärts und rückwärts verschoben um zu bestimmen in welchen Bereich weiterhin ein scharfes Bild zu sehen ist, diese Grenzen werden notiert [P_{B_1} und P_{B_2}], um somit ein genaueres Messergebnis zu gewährleisten.

Brennweiten Bestimmung mittels Autokollimationsverfahren

Unser Schirm wird gedreht um jetzt von dem Spiegel an der Rückseite Gebrauch zu machen beide Sammellinsen A und B werden einzelnd in einem verschiebbaren Doppelreiter gemeinsam mit dem

Spiegel fixiert. Der Doppelreiter wird anfangs direkt vor der Experimentierleuchte befestigt und danach entlang der Optischen Bank nach rechts geschoben bis ein scharfes invertiertes Bild an der Lochblende zu sehen ist. Es werden die erste und die letzte Position [PB_1 und PB_2] notiert in denen das reflektierte und invertierte Bild scharf gesehen wird.

Brennweiten Bestimmung mittels Bessel'schen Verfahren

Der Schirm wird am rechten Ende der optischen Bank fixiert. Sammellinsen A wird in einem Verschiebbaren Reiter an der Optischen Bank befestigt. Die Sammellinse wird direkt vor der Lochblende platziert und danach nach rechts verschoben bis ein scharfes, invertiertes und kleineres Bild an dem Schirm zu sehen ist, Die Position inkl. Ihre Grenzen [Linsenposition 1, PL_1 und PL_2] werden notiert. Nun wird Sammellinse weiter nach rechts verschoben bis erneut ein scharfes, invertiertes und kleineres Bild an dem Schirm zu sehen ist, Die Position wird inkl. Ihre Grenzen [Linsenposition 2, PL_1 und PL_2] werden notiert. Dieser Ablauf wird für die zweite Sammellinse B wiederholt.

Aufgrund einer hohen Lichtintensität haben wir während diesem Versuch von einem Graulicht Filter Gebrauch gemacht, da dies die Bestimmung der Positionen vereinfacht hat.

Auswertung

Brennweiten Bestimmung mittels Abbildungsgleichung

Aus den gemessen Werte können nun mittels folgender Formeln sich folgende Werte berechnen lassen:

Tabelle 1:Formelsammlung Abbildungsgleichung

Gegenstandsweite [g]	Bildweite [b]	Abbildungsmaßstab [β] (Strahlensatz)
g= $P_L - P_G$	b=$P_B - P_L$	β= $\frac{b}{g} = \frac{B}{G}$

Durch umformen der Abbildungsgleichung [OA 4] können die Brennweiten (f) nun berechnet werden:

$$f(g,b) = \frac{b.g}{b+g}$$

Die oben genannte Gleichung lässt sich nach dem Gauß'sche Fehlerfortpflanzungsgesetz GR 23 umformen um somit die Messunsicherheit der Brennweiten zu berechnen:

$$\triangle f = \frac{df}{db} = \frac{g^2}{(b+g)^2} . \triangle P_B$$

Daraus ergeben sich die folgenden Brennweiten [f]:

Linse A a) f= (283 ± 5)mm

= 283 (1 ± 1,8%)mm

b) f= (285 ± 6)mm

= 285 (1 ± 2,1%)mm

Linse B a) f= (58,8 ± 1,8)mm

= 58,8 (1 ± 3,1%)mm

b) f= (54,6 ± 2,4)mm

= 54,6 (1 ± 4,4%)mm

Brennweiten Bestimmung mittels Autokollimationsverfahren

Für die Bestimmung gilt |f|=|g|

Gegenstandsweite [g] : g= P_L-P_G

Die Brennweite wird wie folgt angegeben: $f = f_{experimentell} \pm \triangle P_L$

Linse A: f= (273 ±5)mm

=273 (1 ± 1,9%)mm

Linse B: f= (46,3 ±2,5)mm

=46,3 (1 ± 5,5%)mm

Brennweiten Bestimmung mittels Bessel'schen Verfahren

Tabelle 2: Wertebestimmung Bessel´sches Verfahren

	[e]/mm	[d]/mm	[f]/mm
Formel	$P_{L_2} - P_{L_1}$	$P_B - P_G$	[OA 10]
Linse A	357,5	1250	286,93875…
Linse B	1127	1250	58,4742…

Die gegebene Formel $f = \frac{d^2 - e^2}{4d}$ lässt sich durch umformen nach Gauß'schen Fehlerfortpflanzungsgesetz GR23 die Messunsicherheit mittels der folgenden Formel berechnen lassen:

$$\triangle f = \frac{e}{2d} . \triangle e \; mit \; \triangle e = \triangle P_{L_2} + \triangle P_{L_1}$$

Es ergeben sich die folgenden Brennweiten [f]:

Linse A: f= (286,9 ± 2,5)mm

= 286,9 (1 ± 0,87%)mm

Linse B: f= (58,5 ± 1,8)mm

=58,5(1 ± 3,1%)mm

Vertrauenswürdigstes Verfahren

Aus den drei Verfahren die wir während unseren Versuchen angewendet haben, schenken wir dem Bessel´schen Verfahren am meisten vertrauen.
Während der Brennweiten Bestimmung mittels der Abbildungsgleichung und Autokollimationsverfahren werden Abstände in Abhängigkeit von der Hauptebene bestimmt. Die Hauptebene besteht jedoch nur bei idealen Linsen, dies ist in der Theorie möglich in der Praxis nur selten der Fall.
Im Bessel`sche Verfahren werden reelle, messbare Abstande von Objekten zu einander gemessen, die zu einem mehr vertrauenswürdigem Ergebnis führen.

Brennweiten Bestimmung eines Linsensystems

Die Berechnung wird mithilfe des Bessel´schen Verfahren [OA10] durchgeführt

(a) Beide Sammellinsen (A&B)

(b) die kurzbrennweitigere Sammellinse (B) mit der Zerstreuungslinse (C)

Tabelle 3:Wertebestimmung mittels Bessel´sches Verfahren für Linsensysteme

	[e]/mm	[d]/mm	[f]/mm
a)	1140	1250	52,58
b)	1061	1250	87,3558…

Linsensystem a): f_{ges} = (52,6 ± 4)mm

=52,6 (1 ± 7,6%)mm

Die Gesamtbrennweite der Linsenkombination kann außerdem mittels der Gleichung [OA.6] berechnet werden, die Messunsicherheit wird wie folgt berechnet:

$$\triangle f_{ges} = \sqrt{\left(\frac{{f_2}^2 - f_2.l}{(f_1+f_2+l)^2}.\triangle f_1\right)^2 + \frac{{f_1}^2 - f_1.l}{(f_1+f_2+l)^2}.\triangle f_2)^2}$$

Daraus folgt:

$f_{ges} = (51{,}9 \pm 1{,}2)$mm

$= 51{,}9\ (1 \pm 2{,}5\%)mm$

Brennweite und Brechkraft der Zerstreuungslinse [C]

Die gegebene Gleichung [OA6] wird umgeformt um somit die Brennweite der Zerstreuungslinse f_2 zu ermitteln. Berechnete Werte aus vorherigen Teilaufgaben f_1 (Brennweite der Sammellinse B) und f_{ges} (Linsensystem b) werden eingesetzt

Aus der gegebenen Gleichung $f_{ges} = \frac{f_1.f_2}{f_2+f_1-l}$ entsteht durch Umformung $f_2 = \frac{f_1-l}{\frac{f_1}{f_{ges}}-1}$

Wir erhalten Die Brennweite der Zerstreuungslinse C: f_2 = -110,4 mm

Mittels der Gleichung [OA7] wird die Brechkraft berechnet als:

$D = \frac{1}{f_2} \approx$- 9,06 dpt

Fazit

Während unserem Praktikumsversuch zur Optischen Abbildungen mit Linsen haben wir die Brennweiten von drei Linsen mittels drei verschiedenen verfahren bestimmt. Um möglichst fehlerarme Versuche zu gewährleisten wurde dafür gesorgt dass der Raum möglichst Dunkel ist und dass intakte und saubere Komponente benutzt werden.
Es sind während alle drei Verfahren wurden Ergebnisse in derselben Gruppenordnung geliefert, es kam zum Teil zu hohe Fehlerberechnungen zum bespiel während der Berechnung mittels dem Abbildungsgesetzt. Ein möglicher Grund hierfür könnte das alle Versuche davon abhängig waren ob die Bilder scharf gesehen werden, dies ist jedoch nicht objektiv bewertbar sondern hängt vom beobachtendem Individuum ab. Eine Wiederholung der Versuche würde zu einer Minimierung der aufgetretenen Fehler führen.