



OPTISCHE ABBILDUNG MIT LINSEN

Blockpraktikum Physik WS 2018/19

Protokoll

22.02.2019



Theorie

Optische Abbildungen mit Linsen spielen in unserem Alltag eine große Rolle, u.a. in der Fotografie, Projektionstechnik und Labortechnik.

Im Versuch wurden optische Abbildungen von Linsen untersucht. Die wichtigsten Größen zur Beschreibung dieser Abbildungen sind die Brennweite f , Bildweite b und Gegenstandsweite g . Der Zusammenhang dieser Größen wird in einer Abbildungs- und Linsengleichung definiert.

Dabei wurden an einer optischen Bank anhand verschiedener Verfahren (Abbildungsgleichung, Autokollimationsverfahren, Bessel'sches Verfahren) die Brennweite von gegebenen Linsen experimentell sowie rechnerisch ermittelt werden.

Auswertung

Bestimmung der Brennweite f mithilfe der Abbildungsgleichung

Formeln zur Berechnung:

$$f(g, b) = \frac{b \cdot g}{b + g}$$
$$\Delta f = \left(-\frac{g + g^2}{(b + g)^2} \right) \cdot \Delta P_B$$

Daraus ergeben sich für die Brennweite f folgende Werte:

Linse A:

- 1) $f = (284 \pm 1) \text{ mm}$
- 2) $f = (286 \pm 2) \text{ mm}$

Linse B:

- 1) $f = (51 \pm 1) \text{ mm}$
- 2) $f = (56 \pm 1) \text{ mm}$

Bestimmung der Brennweite f mithilfe des Autokollimationsverfahren

Linse A: $f = (265 \pm 2) \text{ mm}$

Linse B: $f = (51 \pm 4) \text{ mm}$

Besselverfahren

Formeln:

$$e = Pos_1 - Pos_2$$

$$\Delta e = \Delta Pos_1 + \Delta Pos_2$$

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

$$\Delta f = \frac{e}{2d} \cdot \Delta e$$

Daraus berechnen sich folgende Werte:

Linse A: $f = (285 \pm 2)$ mm

Linse B: $f = (56 \pm 1)$ mm

Bewertung der Verfahren

Das Bessel-Verfahren ist das genaueste der durchgeführten Verfahren. Dies ist darin begründet, dass zur Berechnung nur die Abstände zwischen den Linsenpositionen, bzw. Bild und Gegenstand benötigt werden. Dadurch ist das Risiko für Messfehler geringer und zusätzlich spielt es auch keine Rolle ob die Linse eine oder mehrere Hauptachsen hat.

Brennweite des Linsensystems aus beiden Sammellinsen

Berechnung mithilfe des Besselverfahrens

$e = 62$ mm; $d = 210$ mm

→ $f_{\text{ges}} = 48$ mm

Berechnung mithilfe Einzellinsenbrennweite

$$\frac{1}{f_{\text{ges}}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{l}{f_1 \cdot f_2}$$

→ $f_{\text{ges}} = 51$ mm

Aufgrund einer Fehlerrechnung ergibt sich eine Abweichung um 5,9 %.

Linsensystem aus Sammel- und Zerstreuungslinse

$f_{ges} = 85 \text{ mm}$ (mit Linse B)

mithilfe folgender Formel folgt:

$$\frac{1}{f_{ges}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{l}{f_1 \cdot f_2}$$

(hierbei ist $f_2 = f_{ZL}$ und f_1 die beim Besselverfahren errechnete Brennweite für die Linse B)

Bei Umformung nach f_{ZL} folgt:

$$f_{ZL} = \frac{(1 - \frac{l}{f_1})}{(\frac{1}{f_{ges}} - \frac{1}{f_1})}$$

$$\rightarrow f_{ZL} = -99,65517241 \text{ mm} = -100 \text{ mm}$$

Brechkraft der Zerstreuungslinse:

$$D = \frac{1}{f}$$

$\rightarrow$ für die Angabe in Dioptrien muss die Brennweite zuvor in Meter umgerechnet werden: $f_{ZL} = -100 \text{ mm} = -0,10 \text{ m}$

$$\rightarrow D = \frac{1}{-0,10} \frac{1}{m} = -10 \text{ dpt}$$

Brennweite der Sammellinse in Abhängigkeit der Wellenlänge λ

Hierzu wird die langbrennweitige Sammellinse verwendet.

Aus der Theorie ist bekannt, dass Licht mit höherer Frequenz (also geringerer Wellenlänge) stärker gebrochen wird. Aus $D = \frac{1}{f}$ bzw. $f = \frac{1}{D}$ folgt:

Je stärker die Brechung ist, desto kleiner wird die Brennweite. D.h. mit sinkender Wellenlänge wird auch die Brennweite kleiner.

$\lambda = 623 \text{ nm}$ (roter Farbfilter)

$e = 478 \text{ mm}$; $d = 1310 \text{ mm}$

$$\rightarrow f_{rot} = 284 \text{ mm}$$

$\lambda = 450 \text{ nm}$ (blauer Farbfilter)

$e = 503 \text{ mm}$; $d = 1310 \text{ mm}$

$$\rightarrow f_{blau} = 280 \text{ mm}$$

$$\rightarrow f_{blau} < f_{rot}, \text{ was mit der Theorie übereinstimmt}$$

Messwerte - Versuch Optische Abbildung

1. Aufgabe

Linsen Nr.	Abbildungstyp
A	Sammellinse
B	Sammellinse
C	Zerstreuungslinse

2. Aufgabe

Linsen Nr.	P_G / mm	P_L / mm	P_B / mm	$\pm \Delta P_B$ / mm	g / mm	b / mm	f / mm	β
A	190	563	1746	± 5	373	1183	283,58547	-3,17158
A	190	1370	1746	± 2	1180	376	285,14138	-0,31864
B	190	525 252	525	± 1	62	273	50,52537	-4,40322
B	190	455	525	± 1	265	70	55,37313	-0,26415

β

3. Aufgabe

Linsen Nr.	P_G / mm	P_L / mm	$\pm \Delta P_L$ / mm
A	190	455	± 2
B	190	241	± 4

4. Aufgabe

Linsen Nr.	P_G / mm	Linsenposition 1		Linsenposition 2		P_B / mm
		P_L / mm	ΔP_L / mm	P_L / mm	ΔP_L / mm	
A	190	607	± 6	1080	± 4	1500
B	190	1080 258	± 1	425	± 2	500

$l = 22 \text{ mm}$

5. Aufgabe

Aufgabe	P_G / mm	Besselverfahren		Linsenkombinationen		Abstand l / mm
		Pos. 1: P_L / mm	Pos. 2: P_L / mm	P_B / mm		
a	190	258	320	400	22	(A+B)
b	190	315	519	624	22	(B+C)

Abstand beim Reiter $l = 22 \text{ mm}$

6. Aufgabe

Farbfilter	P_G / mm	Besselverfahren		Bestimmung chrom. Abberation	
		Pos. 1: P_L / mm	Pos. 2: P_L / mm	P_B / mm	Wellenlänge λ / nm
rot	190	605 605	1083	1500	623
blau	190	597	1100	1500	450