OPTISCHE ABBILDUNGEN (OPA)

DANIEL DOLINSKY UND JOHANNES VRANA

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

In diesem Versuch werden die Grundlagen der geometrischen Optik mittels Linsen behandelt. Dazu sollen verschiedene Linsen auf ihre Wirkungsweise hin untersucht werden, sowie deren Eigenschaften in einen mathematischen Rahmen gefaßt werden.
Im Versuch selbst sollen die Brennweiten verschiedener Linsen und Linsensysteme bestimmt werden. Dabei werden drei unterschiedliche Meßverfahren verwendet: die Autokollimation, die Meßmethode nach Bessel und die nach Abbé.

http://www.dolinsky.de - daniel@dolinsky.de.
http://www.vrana.net - johannes@vrana.net.

2 Auswertung der Versuchsergebnisse

2.1 Klassifizierung der Linsen

Die Linsen A, B, C, D, G, H sind Sammellinsen, die Linse E eine Zerstreuungslinse. Dies wurde von uns durch die Suche nach einem Brennpunkt festgestellt.

2.2 Brennweite der Linsen B, C, D

Bestimmung der Brennweiten der Linsen B, C, D mit Hilfe der Autokollimation.

$$\boxed{f = \frac{k+l}{2}} \tag{1}$$

$$\boxed{u_f = \sqrt{u_k^2 + u_l^2} = 0,2828 \approx 0,29} \tag{2}$$

Linse	k/ cm	l/ cm	f/ cm
B	$10 \pm 0,2$	$9,8 \pm 0,2$	$9,9 \pm 0,29$
C	$20 \pm 0,2$	$20,3 \pm 0,2$	$20,15 \pm 0,29$
D	$51,5 \pm 0,2$	$51,8 \pm 0,2$	$51,65 \pm 0,29$

2.3 Linsensystem aus B und E

Bestimmung der Brennweite und des Hauptebenenabstandes h eines Linsensystems aus Linse B und E im Abstand $d = 40\,\mathrm{mm}$

2.3.1 *Autokollimationsmethode.*

k/ cm	l/ cm	f/ cm
$15 \pm 0,2$	$34,8 \pm 0,2$	$26,25 \pm 0,29$

2.3.2 Bessel-*Methode.*

$e = 125 \pm 0,2\,\mathrm{cm}$
$h = 4 \pm 0,1\,\mathrm{cm}$

$$u_d = \sqrt{0,5^2 + 0,5^2} = 0,7071\,\mathrm{cm} \approx 0,8\,\mathrm{cm}$$
$$d = (99 \pm 0,5 - 45 \pm 0,5)\,\mathrm{cm} = (54 \pm 0,8)\,\mathrm{cm}$$
$$f' = 0,5\sqrt{(e-k-l)^2 - d^2}$$
$$x = e - k - l$$
$$u_x = \sqrt{u_e^2 + u_k^2 + u_l^2} = 0,346\,\mathrm{cm} \approx 0,4\,\mathrm{cm}$$
$$\frac{df'}{dx} = 0,5\frac{x}{\sqrt{x^2 - d^2}}$$
$$\frac{df'}{dd} = 0,5\frac{-d}{\sqrt{x^2 - d^2}}$$

$$u'_f = \sqrt{u_x^2 \left(\frac{df'}{dx}\right)^2 + u_d^2 \left(\frac{df'}{dd}\right)^2} = \frac{0,5}{\sqrt{x^2+d^2}} \cdot \sqrt{u_x^2 x^2 + u_d^2 d^2} = 0,2527 \approx 0,26$$

$$f' = 0,5\sqrt{(e-k-l)^2 - d^2} = (24,19 \pm 0,26)\,\mathrm{cm}$$

$$f_h = \sqrt{u_k^2 + u_l^2 + 2u_{f'}^2} = 0,3793\,\mathrm{cm} \approx 0,4\,\mathrm{cm}$$

$$h = k + l - 2f = (4,1 \pm 0,4)\,\mathrm{cm}$$

2.3.3 ABBÉ-*Methode.*
Hier wird auch die Vergrößerung in Abhängigkeit von der Gegenstandsweite gemessen. Es gilt folgende Beziehung:

(3) $$\boxed{\frac{y}{(f-a)} = \frac{y'}{f}}$$

und

(4) $$\boxed{\frac{y'}{(a'-f)} = \frac{-y}{f'}}$$

Für die Vergrößerung erhält man:

(5) $$\boxed{V = \frac{y'}{y} = \frac{f}{(f-a)}}$$

Nach a bzw. a' aufgelöst:

(6) $$\boxed{a = f \cdot (1 - \frac{1}{V})}$$

bzw.

(7) $$\boxed{a' = f' \cdot (1 - V)}$$

Allerdings können a und a' nicht direkt gemessen werden, da die Lage der Hauptebenen H und H' nicht bekannt ist. Stattdessen wählt man eine Bezugsebene E. Es gilt folgende Beziehung:

(8) $$\boxed{g = a + h_1}$$

und

(9) $$\boxed{g' = a' + h_2}$$

Desweiteren:

(10) $$\boxed{g = f \cdot (1 - \frac{1}{V}) + h_1}$$

bzw.

$$g' = f' \cdot (1 - V) + h_2 \tag{11}$$

Trägt man nun g über $(1 - \frac{1}{V})$ bzw. g' über $(1 - V)$ auf, so erhält man aus den Steigungen die jeweilige Brennweite, und aus den Schnittpunkten mit den y-Achsen die zugehörigen Abstände h_1 und h_2.
Der Abstand vom Objekt zum Schirm beträgt zunächst $e = 140$cm. Die Größe des Rasters wird mit einem Lineal zu $y = 0,5$ cm bestimmt. Als Bezugsebene wurde die Strecke zwischen E und B im Verhältnis 1:3 geteilt. Verändert man den Abstand vom Schirm zum Raster in Schritten von jeweils etwa 2,5 cm, so ergibt das folgende Meßreihe für g und y'. Gleichzeitig berechnen wir g', die Vergrößerung V, $(1 - 1/V)$ und schließlich $(1 - V)$.

d in cm	g in cm	y' in cm	g' in cm	$V = y'/y$	$(1-1/V)$	$(1-V)$
140,0	$24,8 \pm 0,5$	-1,50	$115,2 \pm 0,5$	-3,0	1,33	4,0
137,5	$25,2 \pm 0,5$	-1,45	$112,3 \pm 0,5$	-2,9	1,34	3,9
135,0	$25,5 \pm 0,5$	-1,40	$109,5 \pm 0,5$	-2,8	1,36	3,8
132,5	$25,7 \pm 0,5$	-1,35	$106,8 \pm 0,5$	-2,7	1,37	3,7
130,0	$25,9 \pm 0,5$	-1,30	$104,1 \pm 0,5$	-2,6	1,38	3,6
127,5	$26,9 \pm 0,5$	-1,25	$100,6 \pm 0,5$	-2,5	1,40	3,5
125,0	$27,5 \pm 0,5$	-1,15	$97,5 \pm 0,5$	-2,3	1,43	3,3
122,5	$28,0 \pm 0,5$	-1,10	$94,5 \pm 0,5$	-2,2	1,45	3,2
120,0	$28,4 \pm 0,5$	-1,05	$91,6 \pm 0,5$	-2,1	1,48	3,1
117,5	$29,8 \pm 0,5$	-0,95	$87,7 \pm 0,5$	-1,9	1,53	2,9
115,0	$30,4 \pm 0,5$	-0,90	$84,6 \pm 0,5$	-1,8	1,56	2,8

2.4 **Diaprojektor**

Der Kondensor muß so angebracht werden, daß die Halogenlampe genau im Brennpunkt der Linse steht. Die günstigste Position des Dias liegt im Objektpunkt der Linse C.

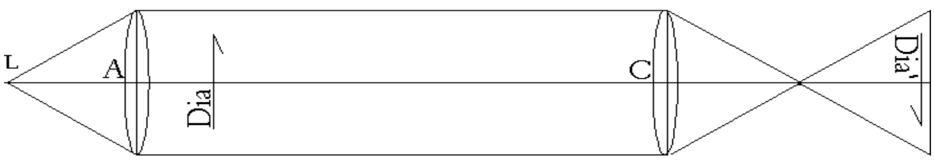

Abbildung 1. Schema eines Dia-Projektors

Bei Entfernung der Linse A: Die Helligkeit nimmt ab, die Bildschärfe bleibt gleich

3 Beantwortung der Fragen

1. Ein Lichtstrahl ist ein dünnes Bündel parallelen Lichts (In der Theorie ist es eine einzelne elektromagnetische Welle).
2. In Stellung 1 wird das Bild vergrößert, in Stellung 2 wird das Bild verleinert
3. siehe oben (Diaprojektor)
4. Die Entfernung der bildseitigen Hauptebene vom Bild ist bei einem auf unendlich eingestellten 200mm-Objektiv gleich der Brennweite 200mm minus dem halben Abstand der Hauptebenen.
5. Hier ist $a' = a$, also $\beta = 1$. Damit ist das Bild so groß wie das Objekt und nicht überkopf.
6. Der Nenner von Gleichung (6) im Skript wird größer, wenn t größer wird; damit wird f‘ kleiner.