

OA - Optische Abbildung

Datum: 19.04.2012

Betreuer: Ralph Massarek

Name: Patrick Schitz

Meßplatz:

Mitstudent: Franz Oestreich

Aufgabenstellung:

1. Bestimmung der Brennweite f'_s einer dünnen Sammellinse S aus der Abbildung eines Objektes mit Hilfe der Abbildungsgleichung.
2. Bestimmung der Brennweite f'_z einer dünnen Zerstreuungslinse Z durch Kombination mit einer Sammellinse S und dem Hauptebenenabstand $d = e \times 0$ mit Hilfe des Bessel'schen Verfahrens.
3. Bestimmung der Brennweite f'_{rs} einer Linsen-Kombination, bestehend aus einer Sammell- und Zerstreuungslinse, im Abstand $d = e = 50 \text{ mm}$ mit Hilfe des Abbe-Verfahrens.

Benötigte Formeln:

zu Aufgabe 1:

Gauß'sche Abbildungsgleichung Linse-Luft ($n = n' \approx 1$)

$$\frac{1}{a'} - \frac{1}{a} = \frac{1}{f} = -\frac{1}{f'} \quad \text{bzw.} \quad \frac{1}{|a'|} + \frac{1}{|a|} = \frac{1}{|f'|} = \frac{1}{|f|}$$

f ... Brennweite gegenstandsseitig
 f' ... Brennweite bildseitig
 a ... Gegenstandsweite
 a' ... Bildweite

$$|f'_s| = \frac{|a| \cdot |a'|}{|a| + |a'|} = \left(\frac{1}{|a'|} + \frac{1}{|a|} \right)^{-1}$$

Fehlerbetrachtung:

$$\frac{\Delta f}{f} = \left| \frac{a+a'}{a \cdot a'} \cdot \Delta l_1 \right| + \left| \frac{a-a'}{a \cdot a'} \cdot \Delta l_2 \right| + \left| \frac{a-a'}{a \cdot a'} \cdot \Delta l_3 \right|$$

$\Delta l_1, \Delta l_2, \Delta l_3$ - Größtmögliche Messwerte ok

Zu Aufgabe 2:

$$L = |a| + |a'| + e > 4|f'|$$

L ... Abstand Bild-Gegenstand
 e ... Hauptebenenabstand

$$f' = \frac{1}{4} \left[(L - e) - \frac{e^2}{L - e} \right]$$

$$l = l_h - l_v$$

L ... Abstand Bild-Gegenstand
 e ... Hauptebenenabstand

l_h ... Position Linse hinter
 l_v ... Position Linse vorne

vereinfacht für $e \ll L$

$$f' = \frac{1}{4} \left(L - \frac{e^2}{L} \right) \quad \text{Bernoulli'sche Methode}$$

$$\frac{1}{f_{\text{res}}} = \frac{1}{f_s} + \frac{1}{f_z} - \frac{d}{f_s f_z}$$

vereinfacht für $d \approx 0$

$$f_z = \frac{f_s \cdot f_{\text{res}}}{f_s - f_{\text{res}}}$$

Zu Aufgabe 3:

$$a_{v,h} = f' \left(\frac{1}{\beta_{v,h}} - 1 \right)$$

$$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{a'}{a}$$

β ... Abbildungsmaßstab
 y' ... Bildgröße
 y ... Gegenstandsgröße

$$b_{v,h} = l - a_{v,h}$$

l ... Abstand Abbe-Marke Hauptebene

$$a'_{v,h} = f' (1 - \beta_{v,h})$$

$$b'_{v,h} = a'_{v,h} - l'$$

$$\Rightarrow b_{v,h} = l - f' \left(\frac{1}{\beta_{v,h}} - 1 \right) = b \left(\frac{1}{\beta} \right)$$

$$\Rightarrow b'_{v,h} = f' (1 - \beta_{v,h}) - l' = b' (\beta)$$

resultierende Brennweite f' :

$$f' = b(0) + l \quad \text{bzw.} \quad f' = b'(0) + l'$$

l ... Abbe-Verfahren

ok

1. Aufgabe:

• Versuchsaufbau:



• Messwerte:

Sammellinse VI (A47121)

	l_1 / mm	l_2 / mm	l_3 / mm	\bar{l}_2 / mm	a / mm	a' / mm
①	245	529	712	} 521	} -286	181
	245	533	712			
	245	531	712			
②	245	383	1025	} $383 \frac{2}{3}$	} $-138 \frac{2}{3}$	$641 \frac{1}{3}$
	245	384	1025			
	245	384	1025			
③	245	389	925	} $389 \frac{2}{3}$	} $-144 \frac{2}{3}$	$535 \frac{1}{3}$
	245	380	925			
	245	389	925			

① $\Delta l_2 = 4 \text{ mm}$

② $\Delta l_2 = 1 \text{ mm}$

③ $\Delta l_2 = 1 \text{ mm}$

• Berechnung:

$$|f's| = \frac{|a| \cdot |a'|}{|a| + |a'|}$$

① $|f's| = 110,9 \text{ mm}$

② $|f's| = 114,0 \text{ mm}$

③ $|f's| = 113,9 \text{ mm}$

$|f's| = 112,9 \text{ mm}$

ok

soll weit 10,3 cm

Fehlerrechnung

① $\Delta f's = \left| \frac{a-a'}{a \cdot a'} \cdot \Delta l_2 \cdot f's \right| = \left| \frac{-286 - (-181)}{-286 \cdot (-181)} \cdot 4 \text{ mm} \right| = 110,9 \text{ mm}$

② $\Delta f's = \left| \frac{a-a'}{a \cdot a'} \cdot \Delta l_2 \cdot f's \right| = \left| \frac{-138,666 - (-641,333)}{-138,666 \cdot (-641,333)} \cdot 1 \text{ mm} \right| = 114,0 \text{ mm}$

③ $\Delta f's = \left| \frac{a-a'}{a \cdot a'} \cdot \Delta l_2 \cdot f's \right| = \left| \frac{-144,666 - (-535,333)}{-144,666 \cdot (-535,333)} \cdot 1 \text{ mm} \right| = 113,9 \text{ mm}$

• Ergebnis:

① $f's = (110,9 \pm 4) \text{ mm}$

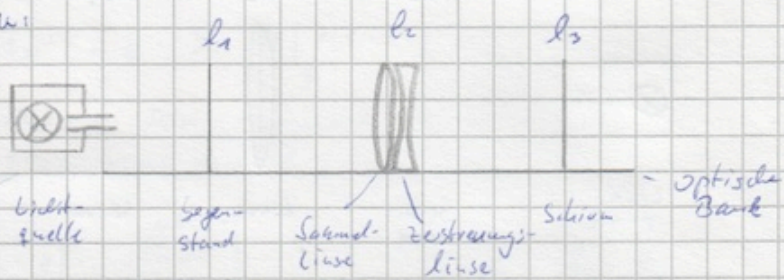
② $f's = (114,0 \pm 1) \text{ mm}$

③ $f's = (113,9 \pm 1) \text{ mm}$

sinnvoll runden

2. Aufgabe:

• Versuchsaufbau:



• Messwerte:

Position	l_1 / mm	l_2 / mm	l_3 / mm	\bar{l}_4 / mm
vorn	245	470	1975	} $471 \frac{1}{3}$
	245	471	1975	
	245	473	1975	
hinten	245	1779	1975	} 1779
	245	1779	1975	
	245	1779	1975	

• Berechnung:

$$l = \bar{l}_{\text{hin}} - \bar{l}_{\text{vorn}} = 1779 \text{ mm} - 471,5 \text{ mm} \quad l = 1307 \frac{2}{3} \text{ mm}$$

$$L = l_3 - l_1 = 1975 \text{ mm} - 245 \text{ mm} \quad L = 1730 \text{ mm}$$

$$f_{\text{res}} = \frac{1}{4} \left(L - \frac{l^2}{L} \right) = \frac{1}{4} \left(1730 \text{ mm} - \frac{(1307 \frac{2}{3} \text{ mm})^2}{1730 \text{ mm}} \right) \quad f_{\text{res}} = 185,4 \text{ mm}$$

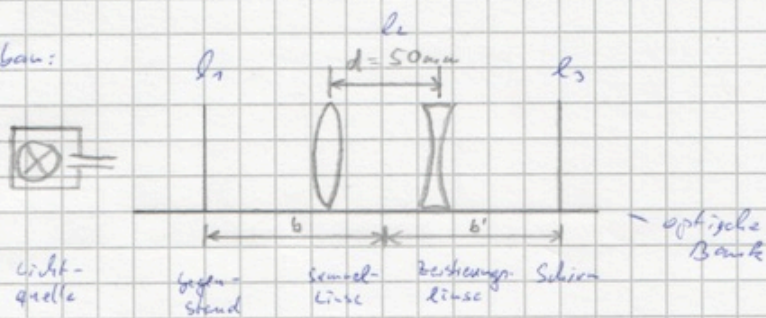
$$f_2 = \frac{f_s \cdot f_{\text{res}}}{f_s - f_{\text{res}}} = \frac{112,9 \text{ mm} \cdot 185,4 \text{ mm}}{112,9 \text{ mm} - 185,4 \text{ mm}}$$

$$\underline{f_2 = -288,7 \text{ mm}}$$

ok
soll west $-27,2 \text{ mm}$

3. Aufgabe:

• Versuchsaufbau:



• Messwerte:

l_1/mm	l_2/mm	l_3/mm	y/mm	y'/mm	$ b /\text{mm}$	b'/mm	β	$\frac{1}{\beta}$	Position
245	515	925	22	48	270	410	2,2	0,46	vorn
245	757	925	22	10,5	512	168	0,48	2,1	hinten
245	497	1025	22	65	252	528	3,0	0,34	vorn
245	877	1025	22	7,5	632	148	0,24	2,93	hinten
245	986	1125	22	82	241	639	3,7	0,27	vorn
245	983	1125	22	6	738	142	0,27	3,6	hinten
245	980	1225	22	98,5	235	745	4,5	0,22	vorn
245	1091	1225	22	5	846	134	0,23	4,4	hinten
245	474	1325	22	115	229	851	5,2	0,19	vorn
245	1196	1325	22	4	951	129	0,18	5,5	hinten

$$b(1) = 340 \text{ mm} \quad (b(1) \approx l_1)$$

$$b'(1) = 240 \text{ mm} \quad (b(1) = l_1')$$

\hookrightarrow jeweils aus Diagramm bestimmt

$$|b(0)| = 200 \text{ mm} \quad \uparrow \quad b'(0) = 95 \text{ mm}$$

• Berechnung:

$$f_1 = b(0) - l_1 = -200 \text{ mm} - 340 \text{ mm}$$

$$f_1 = -540 \text{ mm}$$

$$f_2 = b'(0) + l_1' = 95 \text{ mm} + 240 \text{ mm}$$

$$f_2 = 335 \text{ mm}$$

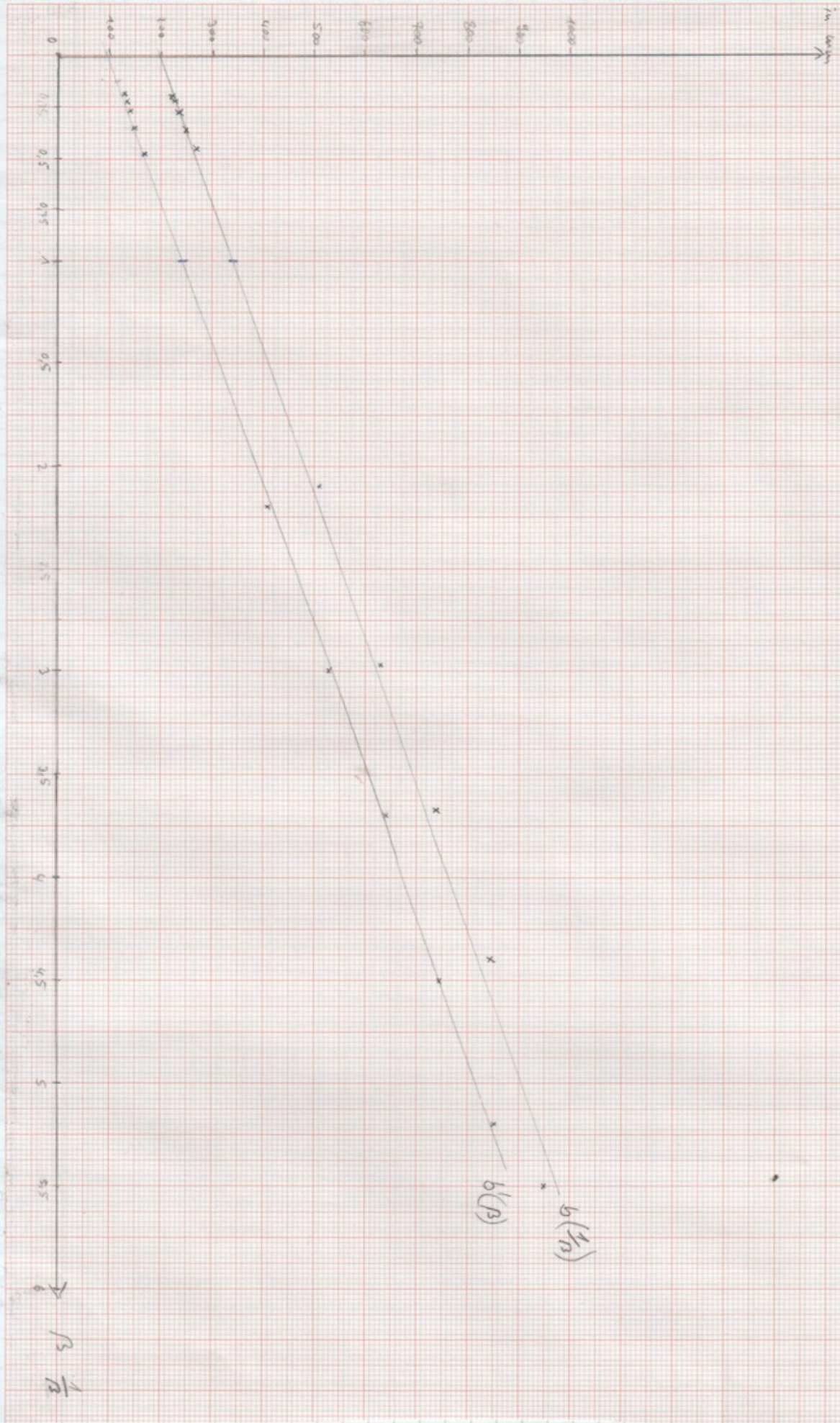
$$\bar{f} = \frac{f_1 + f_2}{2} = \frac{-540 \text{ mm} + 335 \text{ mm}}{2}$$

$$\bar{f} = -102,50 \text{ mm}$$

$$|\bar{f}| = 102,5 \text{ mm}$$

ok

16, 9



6

Vergleich:

Vergleich der experimentell bestimmten Brennweite f' mit der theoretischen.

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

$$\frac{1}{f_{\text{ges}}} = \frac{1}{112,9 \text{ mm}} + \frac{1}{-288,7 \text{ mm}} - \frac{50 \text{ mm}}{112,9 \text{ mm} \cdot (-288,7 \text{ mm})}$$

$$\underline{\underline{f_{\text{ges}} = 144,4 \text{ mm}}}$$

In gleicher Währung sind die theoretische und experimentell ermittelte Werte ähnlich.

Fehlerbetrachtung:

Der wohl größte Fehler kommt durch die Subjektivität des Betrachters bei der Fokussierung zustande. Ob ein Bild scharf ist oder nicht war bei unseren Versuche ~~teils verschiedene teils~~ manchmal leicht verschieden.

Eine weitere Möglichkeit ist das die Lichtquelle nicht 100%ig mittig auf der Linse angebracht war und es somit eine leichte Verschiebung gab. Ablesegenauigkeit der optischen Bank ist bei 0,05 mm, was eine leichte Ungenauigkeit bei der Glebe macht.

ok 1.3 *Massig*