

Geometrische Optik

Praktikumsversuch am 17.11.2010

Gruppe: 3

Thomas Himmelbauer
Daniel Weiss

Abgegeben am: 24.11.2010

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Bestimmung der Brennweite einer Linse	2
3	Mikroskop	4
4	Fernrohr	4
5	Fehlerrechnung	5

1 Einleitung

Zweck der Versuche ist die Erstellung einfacher, mittels geometrischer Optik funktionierender Gerätschaften, sowie die Ermittlung der Brennweite einer Sammellinse.

2 Bestimmung der Brennweite einer Linse

Mit dem Versuchsaufbau (Abb. 1) kann die Brennweite einer Linse bestimmt werden. Als Objekt dient ein Faden, der auf eine Mattglasscheibe projiziert wird. Der Kombinationskondensator bündelt das Licht der Glühlampe, um möglichst parallele Strahlen für den Versuch zu erzeugen. Vor Inbetriebnahme der Lampe ist an Hand der vorgegebenen Betriebsspannung (12V) und der Lampenleistung (2,2W) die maximal zulässige Stromstärke zu bestimmen.

$$P = UI \Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{2,2\text{W}}{12\text{V}} = 1,83\text{A} \quad (1)$$

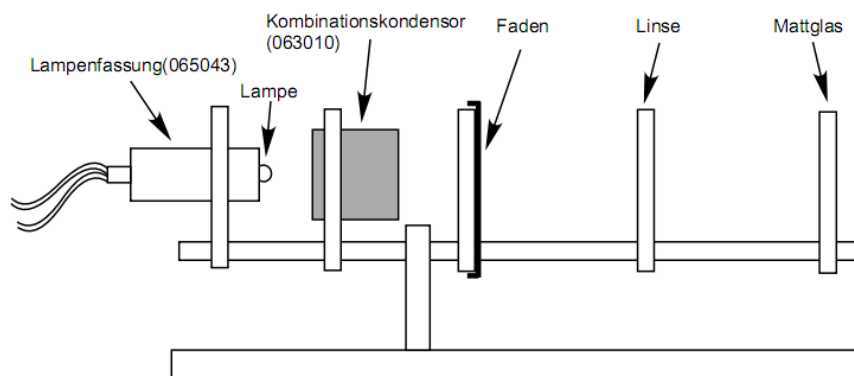


Abbildung 1: Versuchsaufbau zur Bestimmung der Brennweite einer unbekanntenen Linse. Entnommen aus der Anleitung[Bet09].

Die Abbildungsgleichung

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad (2)$$

kann mit den Substitutionen

$$g + b =: a \quad (3)$$

$$b - g =: e \quad (4)$$

umgeformt werden zu

$$f = \frac{a^2 - e^2}{4a} \quad (5)$$

Mit Hilfe dieser Formel kann nun nach der Messung der Gesamtlänge a , sowie der Entfernung der beiden Punkte e , an denen die Linse eine scharfe Abbildung auf dem Mattglas erzeugt, die Brennweite f berechnet werden. Zu beachten ist, dass es diese beiden Punkte nur gibt, wenn

$$4f \geq a \quad (6)$$

gilt. Dies folgt direkt aus Gleichung 5.

Messung	$a[\text{cm}]$	$e[\text{cm}]$	$f[\text{cm}]$
1	$18,0 \pm 0,1$	$12,1 \pm 0,1$	$2,5 \pm 0,1$
2	$15,7 \pm 0,1$	$9,3 \pm 0,1$	2,6
3	$15,0 \pm 0,1$	$8,4 \pm 0,1$	2,6
4	$14,0 \pm 0,1$	$7,2 \pm 0,1$	2,6
5	$12,0 \pm 0,1$	$4,5 \pm 0,1$	2,6

Tabelle 1: Bestimmen der Brennweite der unbekanntnen Linse durch Messung von e und a bei verschiedenen Längen a . Wo keine Fehler angegeben sind, ist der Fehler kleiner als die Genauigkeit des Messwertes und es macht daher keinen Sinn ihn anzugeben. Als Ablesegenauigkeit wird $\pm 1\text{mm}$ angenommen.

Aus den Messwerten (Tab. 1) folgt als Brennweite:

$$f = (2,6 \pm 0,1)\text{cm} \quad (7)$$

Die Abweichung folgt aus der Fehlerfortpflanzung (Gl. 12). Die Standardabweichung selbst ist mit $s = 0,04\text{cm}$ zu gering um sie sinnvoll anzugeben.

Mit den Gleichungen 3 und 4 lassen sich Gegenstands- und Bildweite bestimmen.

$$g = \frac{a - e}{2} \quad (8)$$

$$b = \frac{a + e}{2} \quad (9)$$

Messung	$g[\text{cm}]$	$b[\text{cm}]$
1	$3,0 \pm 0,1$	$15,1 \pm 0,1$
2	$3,2 \pm 0,1$	$12,5 \pm 0,1$
3	$3,3 \pm 0,1$	$11,7 \pm 0,1$
4	$3,4 \pm 0,1$	$10,6 \pm 0,1$
5	$3,8 \pm 0,1$	$8,3 \pm 0,1$

Tabelle 2: Bild- und Gegenstandsweite zu den einzelnen Messungen aus Tabelle 1. Die Fehler ergeben sich aus der Fehlerfortpflanzung.

Die Bestimmung der Brennweite kann auch geometrisch erfolgen (Abb. 2). Hierzu verwendet man die Beziehung ähnlicher Dreiecke. Um die Genauigkeit zu erhöhen, werden die Gegenstands- und Bildweiten auf jeweils beiden Achsen aufgetragen.

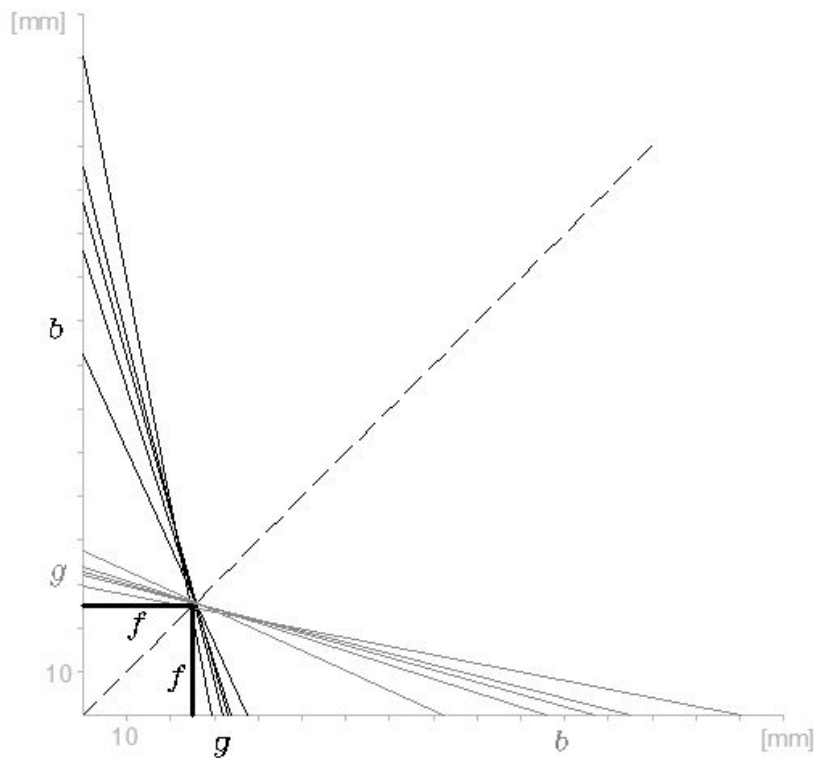


Abbildung 2: Bestimmung der Brennweite auf geometrische Art und Weise. Der genaue Vorgang ist in der Versuchsanleitung[Bet09] detailliert erklärt.

3 Mikroskop

Gemäß der Versuchsanleitung[Bet09] wird ein Mikroskop aufgebaut. Bei drei unterschiedlichen Tubuslängen wird durch Verschieben der Objektivlinse ein scharfes, vergrößertes Bild hergestellt und anschließend die Vergrößerung des Mikroskops gemessen (Tab. 3). Dazu wird mit einem Auge eine Millimeterskala in einem Abstand von $d = 25\text{cm}$ vom Auge und mit dem anderen Auge die vergrößerte Skala betrachtet. Ein Vergleich der beiden Skalen liefert die Vergrößerung des Mikroskops.

4 Fernrohr

Es wird ein keplersches Fernrohr gemäß Anleitung[Bet09] aufgebaut. Tabelle 4 zeigt die Tubuslänge für ein scharfes Bild und die Vergrößerung. Die berechnete ideale Tubuslänge

Tubuslänge[cm]	vergrößerte Skala[mm]	Referenzskala[mm]	gemessene Vergrößerung	berechnete Vergrößerung
$4,0 \pm 0,1$	$0,25 \pm 0,03$	$6,0 \pm 0,1$	$24,0 \pm 4,7$	$21,9 \pm 1,6$
$6,1 \pm 0,1$	$0,15 \pm 0,03$	$7,0 \pm 0,1$	$46,7 \pm 10,2$	$54,7 \pm 1,6$
$15,0 \pm 0,1$	$0,10 \pm 0,03$	$16,0 \pm 0,1$	$160,0 \pm 41,2$	$193,8 \pm 1,6$

Tabelle 3: Messung der Tubuslänge und der beiden Skalenlängen. Die Vergrößerung wird aus dem Verhältnis der Skalenlängen berechnet. Die vergrößerte Skala wird in ganzen Strichen abgelesen (1 Strich $\hat{=} 0,05\text{mm}$). Die Fehler der Vergrößerungen folgen aus der Fehlerfortpflanzung (Gl. 12).

Tubuslänge[cm]	vergrößerte Skala[cm]	Referenzskala[cm]	gemessene Vergrößerung	berechnete Vergrößerung
$20,0 \pm 0,1$				
$20,4 \pm 0,1$	$5,0 \pm 2,5$	$17,5 \pm 2,5$	$3,5 \pm 0,6$	$3,2$

Tabelle 4: Die erste Zeile entspricht der Einstellung des Fernrohres für scharfes sehen von unendlich weit entfernten Objekten. Die zweite Zeile zeigt die Messwerte der Messung der Vergrößerung an der Tafel. Der Fehler der Vergrößerung folgt aus der Fehlerfortpflanzung (Gl. 12).

ist

$$d = f_1 + f_2 = 21\text{cm} \quad (10)$$

5 Fehlerrechnung

Ein Maß für den statistischen Fehler ist die Standardabweichung. Diese ist die Wurzel der Varianz und wird folgendermaßen berechnet:

$$s = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (11)$$

Für weitere Berechnungen wird die Fehlerfortpflanzung benötigt, um den Gesamtfehler des Ergebnisses anzugeben:

$$\sigma_g = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 \sigma_y^2 + \dots} \quad (12)$$

Beide Formeln sind der Versuchsanleitung zur Fehlerrechnung entnommen.

Literatur

[Bet09] BETZ, G.: *Geometrische Optik*, 2009