

V408

Geometrische Optik

Evelyn Romanjuk
evelyn.romanjuk@tu-dortmund.de

Ramona-Gabriela Kallo
ramonagabriela.kallo@tu-dortmund.de

Durchführung: 03.07.18

Abgabe: 10.07.18

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1 Zielsetzung	3
2 Theorie	3
2.1 Bestimmung der Brennweite nach der Bessel-Methode	5
2.2 Bestimmung der Brennweite nach der Abbe-Methode	6
3 Durchführung	6
3.1 Bestimmung der Brennweite durch Messung der Gegenstandsweite und der Bildweite	6
3.2 Bestimmung der Brennweite einer Linse nach der Methode von Bessel . .	7
4 Bestimmung der Brennweite eines Linsensystems nach der Methode von Abbe	7
5 Auswertung	7
5.1 Verifizierung der Linsengleichung	7
5.2 Bestimmung der Brennweite nach der Methode von Bessel	10
5.3 Bestimmung der Brennweite nach der Methode von Abbe	12
6 Diskussion	14
Literatur	14

1 Zielsetzung

In diesem Versuch soll die Brennweite f auf unterschiedliche Arten von verschiedenen Linsen beziehungsweise Linsensystem bestimmt werden. Als erstes sollen das Abbildungsgesetz und die Linsengleichung verifiziert werden. Die jeweiligen Brennweiten sollen nach der Methode von Abbe und Bessel untersucht und bestimmt werden.

2 Theorie

Die Linsen bestehen aus einem durchsichtigem Material, welches optischer dichter ist als "Luft". Wenn Licht auf eine Linse trifft, wird es nach dem Brechungsgesetz gebrochen. Es gibt viele Formen von Linsen und Linsenarten, die Licht auf unterschiedlichste Art brechen. Die bekanntesten Linsenformen sind Sammellinsen und Zerstreuungslinsen. Diese sind in der Abbildung 1 zu sehen. Eine Sammellinse ist am Rand etwas dünner

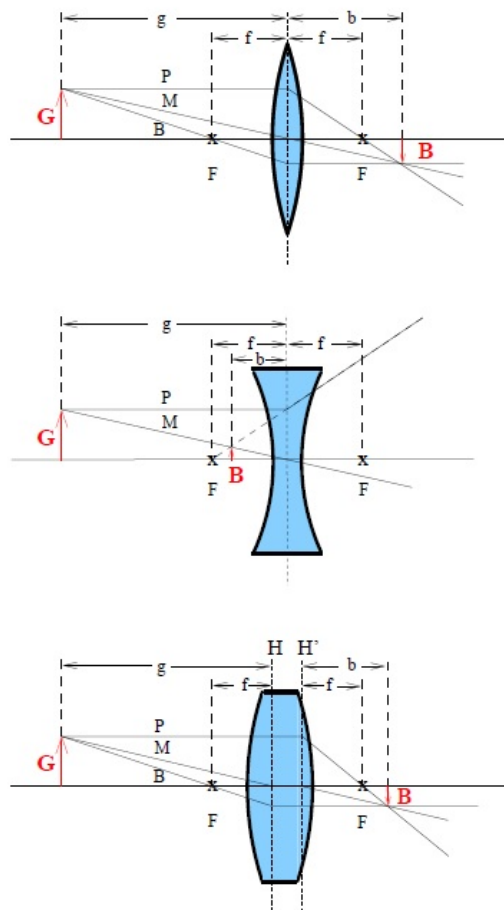


Abbildung 1: Konstruktionsstrahlen bei den verschiedenen Linsentypen, [1, S. 1].

als in der Mitte und diese sind dadurch charakterisiert, dass sie ein parallel einfallendes paralleles Lichtbündel nach dem Durchlaufen der Linse in einem Punkt sammeln, dem Brennpunkt (s. Abbildung 1 oben). Bei den Sammellinsen sind die Brennweite f und die Bildweite b positiv, sodass es ein reelles Bild entstehen kann.

Im Gegensatz zu den Sammellinsen, sind die Brennweite f und die Bildweite b negativ bei einer Zerstreuungslinse, so dass es ein virtuelles Bild entstehen kann (s. Abbildung 1 in der Mitte). Diese sind auch in der Mitte etwas dünner als am Rand.

In der Abbildung 1 ist unten noch eine dicke Sammellinse zu sehen. Das Modell bei einer dünnen Linse ist es so konzipiert, dass die Brechung auf die Mittelebene reduziert wird. Dies funktioniert nur für die dünnen Linsen, denn bei den dicken werden zwei zusätzlichen Hauptebenen hinzugefügt, wo die Strahlen gebrochen sein müssen.

Wichtig für die Zusammenstellung einer Linse sind die folgenden drei ausgezeichneten Strahlen aus der Abbildung 1:

- der Parallelstrahl P verläuft parallel zur optischen Achse zur Linse und trifft auf der anderen Seite der Linse, sodass er zum Brennpunkt wird;
- der Mittelpunktstrahl M läuft durch das Linsenzentrum und bleibt ungebrochen, also er wird nicht abgelenkt;
- der Brennpunktstrahl B wird zum Parallelstrahl, da er zuerst durch den Brennpunkt läuft und auf der anderen Seite der Linse parallel zur optischen Achse verläuft.

Mit den Strahlensätzen und Zusammenstellung einer Linse lässt sich das Abbildungsgesetz formulieren:

$$V = \frac{B}{G} = \frac{b}{g} \quad (1)$$

wobei B die Bildgröße, G die Gegenstandsgröße sind und b die Bildweite, g die Gegenstandsweite sind. Für die dünnen Linsen lässt sich die Linsengleichung mit Hilfe der Gleichung 1 und den Konstruktionsstrahlen herleiten:

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

Die Brechung eines Lichtstrahls an der Mittelebene der Linse funktioniert nur bei den dünnen Linsen. Dies gilt nur bei den achsennahe Strahlen, weil bei den achsenferne Strahlen das Licht stärker gebrochen wird und dementsprechend Linsenfehler auftreten. Daraus kann auch das Gegenstandsbild nicht scharf abgebildet werden. Die sphärische Abberation bewirkt eine Unschärfe des Bildes, denn der Brennpunkt befindet sich näher an der Linse bei den achsenfernen Strahlen als bei den achsennahen. Das Bild wird wieder scharf, wenn die achsenfernen Strahlen ausgeblendet werden. Die chromatische Abberation tritt erst auf, wenn das blaue Licht stärker gebrochen wird als rotes Licht, da der Brennpunkt nah an der Linse liegt.

Die Brechkraft einer Linse ist das Inverse der Brennweite und wird angegeben als:

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

Diese wird meist in der Einheit Dioptrie [$\text{dpt} = \frac{1}{\text{m}}$] angegeben. Die Brechkraft aus einer

Linsenkombination ist gleich der Summe der Brechkräfte der Einzellinsen:

$$D = \sum_i^N D_i.$$

2.1 Bestimmung der Brennweite nach der Bessel-Methode

Bei der Bestimmung der Brennweite f nach der Bessel-Methode muss das Bild scharf abgebildet werden. Dabei wird der Abstand zwischen dem Schirm und Gegenstand festgehalten werden und zwei Linsenpositionen ausgesucht. Die Bildweite und Gegenstandsweite müssen so vertauscht werden, dass die Linsen symmetrisch sein können. Dann muss die folgende Beziehung gelten:

$$\begin{aligned} b_1 &= g_2 \\ b_2 &= g_1. \end{aligned}$$

Weiterhin wird aus der Abbildung 2 folgendes abgelesen:

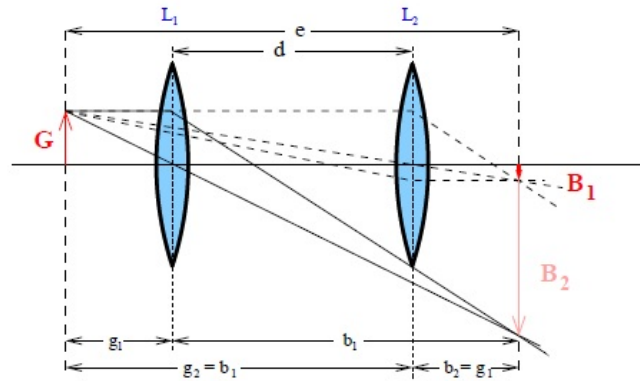


Abbildung 2: Bildkonstruktion des Linsensystems und Bestimmung der Brennweite nach der Bessel-Methode, [1, S. 4].

$$e = g_1 + b_1 = g_2 + b_2$$

sowie

$$d = g_1 - b_1 = g_2 - b_2.$$

Mit Hilfe der obigen Formeln lässt sich die Brennweite f ausrechnen:

$$f = \frac{e^2 - d^2}{4e}. \quad (3)$$

2.2 Bestimmung der Brennweite nach der Abbe-Methode

Nach der Methode von Abbe(s. Abbildung 3) wird die Brennweite f eines Linsensystems bestimmt. Mit Hilfe vom Abbildungsmaßstab V wird die Brennweite und die Lage der Hauptebenen ermittelt. Damit die Gegenstandsweite g' und die Bildweite b' gemessen werden können, wird einen beliebigen Punkt A ausgewählt. Für die Bildweite b' und die Gegenstandsweite g' ergeben sich die folgenden Formeln:

$$g' = g + h = f \cdot \left(1 + \frac{1}{V}\right) + h \quad (4)$$

$$b' = b + h' = f \cdot (1 + V) + h'. \quad (5)$$

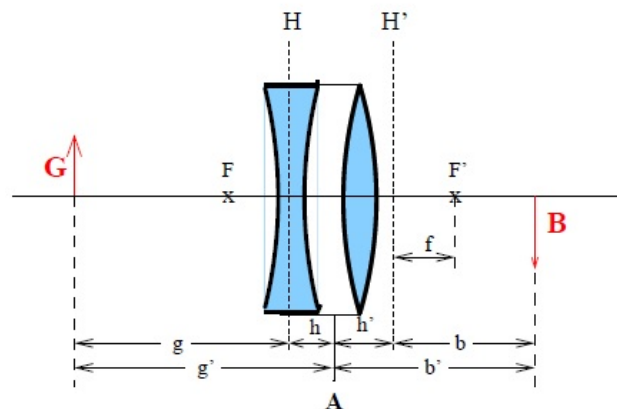


Abbildung 3: Bildkonstruktion des Linsensystems und Bestimmung der Brennweite nach der Abbe-Methode, [1, S. 5].

3 Durchführung

Zum Versuchsaufbau gehört eine optische Bank, auf der Reiter mit verschiedenen optischen Elementen bewegt werden können. Zu den Elementen gehören eine Halogenlampe als Lichtquelle, Linsen unterschiedlicher Brennweite, ein Schirm, der Gegenstand 'Perl L' und zwei Filter in den Farben Rot und Blau. Der Versuch unterteilt sich in drei Teile, in denen auf unterschiedliche Weise die Brennweite der verwendeten Linse bestimmt werden soll.

3.1 Bestimmung der Brennweite durch Messung der Gegenstandsweite und der Bildweite

Zunächst werden die Lampe, das 'Perl L', eine Sammellinse bekannter Brennweite und ein Schirm auf der Bank platziert. Dann wird eine bestimmte Gegenstandsweite g festgelegt und der Schirm so verschoben, bis auf diesem das Bild von 'Perl L' scharf zu erkennen ist.

Auf diese Weise werden für mindestens 10 eingestellte Gegenstandsweiten g die zugehörige Bildweite b ausgemessen und notiert, wodurch die Brennweite der Linse bestimmt und mit der vom Hersteller angegebenen Brennweite verglichen werden kann.

3.2 Bestimmung der Brennweite einer Linse nach der Methode von Bessel

Im zweiten Versuchsteil soll die Brennweite der Linse mit der Methode von Bessel bestimmt werden. Dazu wird ein fester Abstand e zwischen Gegenstand und Bild eingestellt, zwischen denen an zwei Stellen ein scharfes Bild auf dem Schirm zu erkennen ist. An diesen Positionen werden die Gegenstands- und Bildweiten g_1 und b_1 , bzw. g_2 und b_2 gemessen und notiert. Die Messung wird dann für mindestens neun weitere Abstände e_i durchgeführt.

Danach wird ein roter oder blauer Filter vor das 'Perl L' gesetzt. Für diesen Aufbau werden auf dieselbe Weise fünf weitere Messungen gemacht, woraufhin der Filter ausgewechselt wird und wiederum fünf mal Wertepaare notiert werden. Dies ist in der Abbildung 2 zu sehen.

4 Bestimmung der Brennweite eines Linsensystems nach der Methode von Abbe

Im letzten Versuchsteil erfolgt die Bestimmung der Brennweite mit der Methode nach Abbe. Dazu wird zusätzlich eine Zerstreuungslinse eingesetzt, die die negative Brennweite der verwendeten Sammellinse besitzt. Die beiden Linsen werden dann so verschoben, dass sie sich berühren und werden im Laufe des Versuchs nicht mehr getrennt. Es wird dann ein Referenzpunkt A festgelegt, der sich hier zwischen den beiden Linsen befindet. Von diesem Referenzpunkt aus werden die Abstände g' und b' zum 'Perl L' und zum Schirm gemessen, sowie auch der Abbildungsmaßstab V . Die prinzipielle Versuchsdurchführung gleicht der des ersten Teils. Es werden also zehn verschiedene Gegenstandsweite g' festgelegt und die Bildweiten b' dazu gemessen. Zusätzlich soll die Größe des 'Perl L' gemessen werden, sowie die Größe des Bildes bei jeder Messung. Dies ist in der Abbildung 3 zu sehen.

5 Auswertung

5.1 Verifizierung der Linsengleichung

Mit den Messdaten aus der Tabelle 1 soll die Gleichung 2 auf Gültigkeit überprüft werden und dementsprechend das Ergebnis mit dem vom Hersteller angegebenen Brennweite verglichen werden. Zudem sind die vom Hersteller Brennweiten wie folgt angegeben:

$$f_{\text{Hersteller1}} = 100 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$f_{\text{Hersteller2}} = 150 \cdot 10^{-3} \text{ m.}$$

Der Mittelwert \bar{f} aus n Stichproben f_i ergibt sich aus:

$$\bar{f} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_i \quad (6)$$

Die Standardabweichung errechnet sich nach:

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (f_i - \bar{f})^2} \quad (7)$$

mit zufälligen Fehlern behafteten Werten f_i mit $i = 1, \dots, n$.

Der aus der Standardabweichung aus der Gleichung 7 resultierende Fehler des Mittelwertes ergibt sich nach:

$$\Delta \bar{f} = \frac{s_i}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_i - \bar{f})^2}{n(n-1)}}. \quad (8)$$

Tabelle 1: Messwerte zur Bestimmung der Brennweite f .

g/m	b/m	$f_1/10^{-3} \text{ m}$
0,510	0,1210	97,77
0,490	0,1240	98,95
0,470	0,1250	98,73
0,440	0,1275	98,85
0,400	0,1320	99,24
0,350	0,1370	98,45
0,300	0,1460	98,20
0,270	0,1550	98,47
0,220	0,1780	98,39
0,170	0,2350	98,64
g/m	b/m	$f_2/10^{-3} \text{ m}$
0,260	0,576	179,13
0,290	0,583	193,66
0,330	0,591	211,75
0,370	0,608	230,02
0,400	0,626	244,05
0,430	0,646	258,15
0,460	0,670	283,01
0,490	0,695	287,38
0,520	0,718	301,58
0,565	0,763	352,73

Mit der Gleichung 6 und 8 wird nun der Mittelwert sowie der Fehler des Mittelwerts der Brennweite f_1 und f_2 bestimmt und es ergeben sich die folgende Werte:

$$f_1 = (98,5 \pm 0,1) \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$f_2 = (255,4 \pm 16,8) \cdot 10^{-3} \text{ m}.$$

Die Genauigkeit der Messungen wird in Abbildung 4 zusätzlich graphisch dargestellt. Hier werden die Gegenstandsweiten g auf der x-Achse mit den dazugehörigen Bildweiten b auf der y-Achse durch eine Gerade verbunden. Je genauer sich diese Geraden in einem Punkt, der dem Punkt $(f | f)$ entspricht, schneiden, desto genauer sind auch die Messungen. Eine lineare Ausgleichsgerade lässt sich berechnen wie:

$$y = mx + b \quad (9)$$

wobei m die Steigung und b der y-Achsenabschnitt sind. Über Formel 9 werden die Steigungen vom Python-Modul Scipy curve_fit dargestellt.

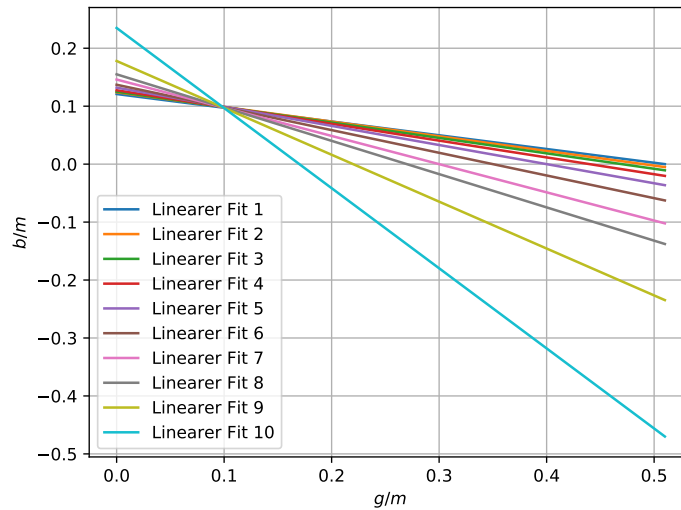


Abbildung 4: Messungenauigkeit für die Brennweite $f = 100 \text{ mm}$

Aus der Abbildung 4 lässt sich den Schnittpunkt S ablesen und es folgt:

$$S = (0,098 | 0,1).$$

Als nächstes wird für die andere bekannte Brennweite $f = 150 \text{ mm}$ das gleiche Verfahren wiederholt. Die Genauigkeit der Messungen wird in Abbildung 5 zusätzlich graphisch dargestellt. Über Formel 9 werden die Steigungen vom Python-Modul Scipy curve_fit dargestellt.

Aus der Abbildung 5 lässt sich den Schnittpunkt S ablesen und es folgt:

$$S = (-0,2 | 0,9).$$

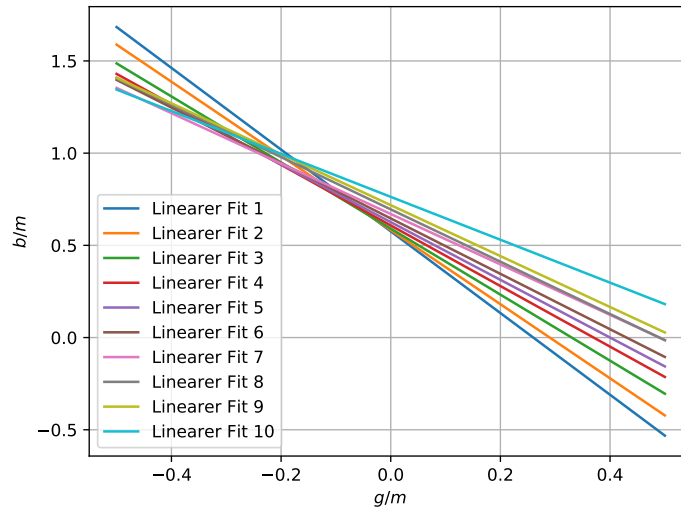


Abbildung 5: Messungenauigkeit für die Brennweite $f = 150$ mm.

5.2 Bestimmung der Brennweite nach der Methode von Bessel

Für die nächste Linse wird die Methode von Bessel verwendet, um die Brennweite bestimmen zu können. Bei der Messung mit weißem Licht werden für 10 verschiedene Abstände e , jeweils g_1 , g_2 und b_1 , b_2 bestimmt. Die Messdaten und die ausgerechneten Brennweiten nach der Gleichung 3 befinden sich in der Tabelle 2.

Tabelle 2: Messwerte zur Bestimmung der Brennweite f nach der Methode von Bessel.

g_1/m	b_1/m	b_2/m	g_2/m	e/m	d_2/m	d_1/m	$f/10^{-3}\text{ m}$	$f_1/10^{-3}\text{ m}$	$f_2/10^{-3}\text{ m}$
0,1135	0,9065	0,1120	0,9080	1,02	0,796	0,793	$0,104 \pm 0,007$	0,104	0,103
0,1145	0,8665	0,1115	0,8685	0,98	0,751	0,751	$0,096 \pm 0,001$	0,097	0,094
0,1150	0,8250	0,1120	0,8280	0,94	0,710	0,710	$0,088 \pm 0,001$	0,089	0,087
0,1155	0,7845	0,1125	0,7875	0,90	0,669	0,669	$0,081 \pm 0,001$	0,081	0,079
0,1160	0,7440	0,1140	0,7460	0,86	0,628	0,628	$0,073 \pm 0,006$	0,074	0,073
0,1170	0,7130	0,1140	0,7160	0,83	0,596	0,596	$0,068 \pm 0,008$	0,069	0,067
0,1190	0,6410	0,1160	0,6440	0,76	0,522	0,522	$0,057 \pm 0,006$	0,057	0,056
0,1225	0,5575	0,1200	0,5600	0,68	0,435	0,435	$0,046 \pm 0,003$	0,046	0,045
0,1250	0,4950	0,1440	0,4760	0,62	0,370	0,370	$0,040 \pm 0,002$	0,038	0,042
0,1300	0,4200	0,1320	0,4180	0,55	0,290	0,290	$0,030 \pm 0,001$	0,030	0,030

Um d bestimmen zu können, müssen zuerst die Abstände d_1 und d_2 nach der Gleichung 6 gemittelt werden und entsprechend der Fehler des Mittelwerts auch nach der Gleichung 8 ausgerechnet werden. Hierbei muss die Gaußsche Fehlerfortpflanzung eingebaut werden,

da es sich um fehlerbehaftete Größen handelt und es ergibt sich:

$$\Delta f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial d}\right)^2 \cdot \Delta d^2} = \sqrt{\left(\frac{-d}{2e}\right)^2 \cdot \Delta d^2}. \quad (10)$$

Mit der Gleichung 6 und 8 wird nun der Mittelwert sowie der Fehler des Mittelwerts der Brennweite f bestimmt und es ergibt sich der folgende Wert:

$$f = (68,5 \pm 7,8) \cdot 10^{-3} \text{ m},$$

wobei die Brennweite vom Hersteller wieder $f_{\text{Hersteller1}} = 100 \text{ mm}$ ist.

Um die chromatische Abberation mit derselben Methode zu untersuchen, werden jeweils ein roter und blauer Filter benötigt. Die Messdaten mit den entsprechenden Farbfilter und die ausgerechneten Brennweiten nach 3 befinden sich in den Tabelle 3 und 4. Hier wird d für die beiden Filter analog wie im vorherigen Verfahren berechnet. Nach der Gleichung 10 werden die Fehler der Brennweiten ausgerechnet.

Tabelle 3: Messwerte zur Bestimmung der Brennweite f nach der Methode von Bessel für den roten Filter.

g_1/m	b_1/m	b_2/m	g_2/m	e/m	d_2/m	d_1/m	$f_{\text{rot}}/10^{-3} \text{ m}$	$f_1/10^{-3} \text{ m}$	$f_2/10^{-3} \text{ m}$
0,1220	0,711	0,116	0,717	0,833	0,601	0,589	$0,071 \pm 0,001$	0,07 2	0,069
0,1230	0,627	0,118	0,632	0,750	0,514	0,504	$0,056 \pm 0,001$	0,057	0,055
0,1300	0,490	0,125	0,495	0,620	0,370	0,360	$0,038 \pm 0,006$	0,039	0,038
0,1470	0,323	0,139	0,331	0,470	0,192	0,1768	$0,021 \pm 0,004$	0,022	0,021
0,1855	0,2145	0,117	0,223	0,400	0,046	0,029	$0,015 \pm 0,002$	0,015	0,015

Tabelle 4: Messwerte zur Bestimmung der Brennweite f nach der Methode von Bessel für den blauen Filter.

g_1/m	b_1/m	b_2/m	g_2/m	e/m	d_2/m	d_1/m	$f_{\text{blau}}/10^{-3} \text{ m}$	$f_1/10^{-3} \text{ m}$	$f_2/10^{-3} \text{ m}$
0,118	0,802	0,114	0,806	0,92	0,692	0,684	$0,085 \pm 0,001$	0,087	0,084
0,120	0,700	0,115	0,705	0,82	0,590	0,580	$0,067 \pm 0,001$	0,068	0,066
0,123	0,597	0,118	0,602	0,72	0,484	0,474	$0,052 \pm 0,008$	0,052	0,051
0,129	0,491	0,124	0,496	0,62	0,372	0,362	$0,038 \pm 0,005$	0,039	0,038
0,136	0,384	0,131	0,389	0,52	0,258	0,248	$0,023 \pm 0,003$	0,027	0,026

Mit der Gleichung 6 und 8 wird nun der Mittelwert sowie der Fehler des Mittelwerts der Brennweite f_{rot} und f_{blau} bestimmt und es ergeben sich die folgende Werte:

$$f_{\text{rot}} = (40,8 \pm 10,3) \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$f_{\text{blau}} = (54,2 \pm 23,3) \cdot 10^{-3} \text{ m}.$$

5.3 Bestimmung der Brennweite nach der Methode von Abbe

Um die Brennweite eines Linsensystems nach der Methode von Abbe zu bestimmen, werden für 10 Gegenstandsweiten g' die Bildweite b' gemessen, damit die Hauptebenen h und h' und Brennweite f eines Linsensystems zu bestimmen. Zudem werden die Gleichungen nach 4 benötigt. Die dazu gehörigen Messwerte befinden sich in der Tabelle 5. Dabei ergibt sich der Abbildungsmaßstab über Gleichung 1.

Tabelle 5: Messwerte zur Bestimmung der Brennweite f nach der Methode von Abbe.

Referenzpunkt A/m	G/m	B/m	g'/m	b'/m	V	$1 + V$	$1 + \frac{1}{V}$
1,08	0,031	0,067	0,18	0,685	2,16	3,16	1,46
1,06	0,031	0,054	0,20	0,619	1,74	2,74	1,57
1,03	0,031	0,040	0,23	0,511	1,29	2,29	1,77
1,00	0,031	0,033	0,26	0,468	1,06	2,06	1,93
0,97	0,031	0,026	0,29	0,460	0,83	1,83	2,19
0,94	0,031	0,023	0,32	0,438	0,74	1,74	2,34
0,91	0,031	0,021	0,35	0,422	0,67	1,67	2,47
0,88	0,031	0,019	0,38	0,415	0,61	1,61	2,63
0,85	0,031	0,016	0,41	0,402	0,51	1,51	2,93
0,82	0,031	0,014	0,44	0,394	0,45	1,45	3,21

In Abbildung 6 wird die Gegenstandsweite g' gegen $1 + \frac{1}{V}$ aufgetragen und in Abbildung 7 wird die Bildweite b' gegen $1 + V$ aufgetragen. Über Formel 9 wird die Steigung und der Fehler der Ausgleichsgerade vom Python-Modul Scipy `curve_fit` berechnet. Es ergaben sich für die Ausgleichsgerade m als Steigung und b als y-Achsenabschnitt die folgenden Werte für die erste Ausgleichsgerade:

$$m = (153 \pm 5) \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$b = (40,3 \pm 11,7) \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

und für die zweite:

$$m = (171,5 \pm 7,3) \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$b = (136,5 \pm 15,1) \cdot 10^{-3} \text{ m}.$$

Die Brennweite f und die Abstände h und h' ergeben sich durch einen Vergleich der Gleichungen 4:

$$f_g = (153 \pm 5) \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$f_b = (171,5 \pm 7,3) \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$h = (40,3 \pm 11,7) \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$h' = (136,5 \pm 15,1) \cdot 10^{-3} \text{ m}.$$

Die Lage der Hauptachsen lauten dann $H = A + h$ und $H' = A + h'$.

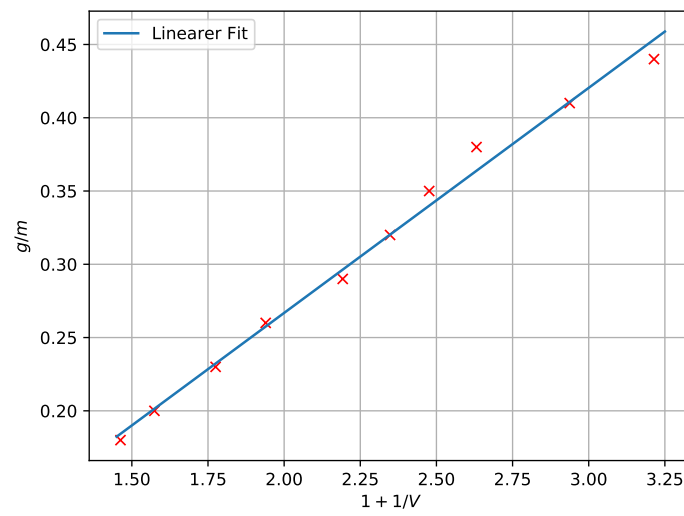


Abbildung 6: Regression mit Gegenstandsweite.

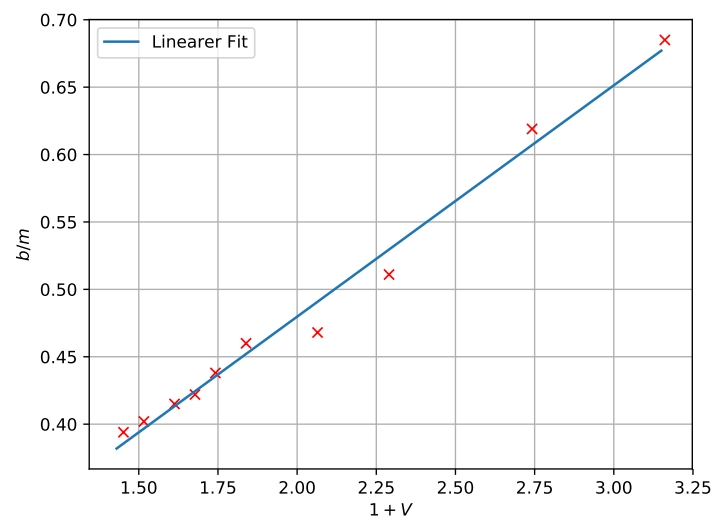


Abbildung 7: Regression mit Bildweite.

6 Diskussion

Im ersten Versuchsteil sollte die Linsengleichung auf Gültigkeit überprüft werden und mit den Angaben vom Hersteller verglichen werden.

Die Brennweite aus der Abbildung 4 entspricht dabei dem gemessenen Mittelwert $f_1 = (98,5 \pm 0,1) \cdot 10^{-3} \text{ m}$, der in diesem Fall recht gut mit dem Schnittpunkt der Geraden übereinstimmt. Es führt zu einer geringen Messungenauigkeit. In der Abbildung 5 fällt auf, dass die Geraden sich zum einen weniger deutlich in mehreren Punkten schneiden, als dies in der Abbildung 4 der Fall ist, und diese dann zum anderen deutlich von der berechneten Brennweite $f_2 = (255,4 \pm 16,8) \cdot 10^{-3} \text{ m}$ abweicht. Dies lässt auf eine große Messungenauigkeit schließen. Der Punkt war ungenau zu bestimmen, da es aufgrund der Zahl an Messwerten mehrere Schnittpunkte gibt und der Punkt bestimmt wurde, um den die meisten der Schnittpunkte lagen. Die experimentell ermittelte Brennweite f_1 weicht um 1,5 % von der Herstellerangabe ($f_{\text{hersteller1}} = 100 \text{ mm}$) ab. Für die zweite Brennweite f_2 ergibt sich eine Abweichung vom Herstellerangabe ($f_{\text{hersteller2}} = 150 \text{ mm}$) von 70,26 %. Die Linsengleichung lässt sich somit nur bei der ersten Wert bestätigen.

Im zweiten Versuchsteil wird die Methode von Bessel verwendet, bei der die Brennweite bestimmen werden sollte und dann diese mit dem Angaben vom Hersteller ($f_{\text{hersteller1}} = 100 \text{ mm}$) verglichen werden sollte. Analog soll das Verfahren für den roten und blauen Filter verfolgen. Es ergibt sich eine Abweichung von 31,9 % vom Theoriewert und das Ergebnis stimmt nicht innerhalb der Fehlergrenzen mit der zuvor berechneten Brennweiten überein, obwohl es dieselbe Linse verwendet wurde. Für die bestimmten verschiedenen Brennweiten für rotes und blaues Licht kann nicht die chromatische Abberation bestätigt werden, dass blaues Licht aufgrund seiner kürzeren Wellenlänge stärker gebrochen wird als rotes Licht, denn der Wert größer ist als der andere von rotes Licht.

Im letzten Versuchsteil bei der Methode von Abbe war es schwer zu erkennen, wann die Linsen scharf abbildeten. Für diese Methode gab es eine konkave und eine konvexe Linse mit jeweils $\pm 100 \cdot 10^{-3} \text{ m}$. Daraus lässt sich erschließen, dass die ausgerechneten Brennweiten ungefähr im erwarteten Bereich der konkaven und konvexen Linse liegen. Die Abweichungen liegen jeweils bei 23,5 % und 14,2 %.

Literatur

- [1] TU Dortmund. *Versuch 408: Geometrische Optik*. 2018. URL: <http://129.217.224.2/HOME/PAGE/MEDPHYS/BACHELOR/AP/SKRIPT/V408.pdf> (besucht am 06.07.2018).