

# **Geometrische Optik**

Versuch 408

Marcel Kebekus  
marcel.kebekus@tu-dortmund.de

Konstantin Mrozik  
konstantin.mrozik@tu-dortmund.de

Abgabe: 24. Juli 2020

TU Dortmund – Fakultät Physik

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Ziel</b>	<b>3</b>
<b>2 Theorie</b>	<b>3</b>
2.1 Die Linsentypen . . . . .	3
2.2 Bildkonstruktion . . . . .	4
<b>3 Durchführung</b>	<b>5</b>
3.1 Brennweitenbestimmung . . . . .	5
3.2 Brennweitenbestimmung nach Bessel . . . . .	5
3.3 Brennweitenbestimmung Abbe . . . . .	6
<b>4 Auswertung</b>	<b>7</b>
4.1 Bestimmung der Brennweite aus Gegenstandsweite und Bildweite . . . . .	7
4.2 Methode von Bessel . . . . .	8
4.3 Methode von Abbe . . . . .	9
<b>5 Diskussion</b>	<b>10</b>
<b>Literatur</b>	<b>11</b>
<b>6 Anhang</b>	<b>12</b>

# 1 Ziel

Bestimmung der Brennweite verschiedener Linsen und Linsensysteme.

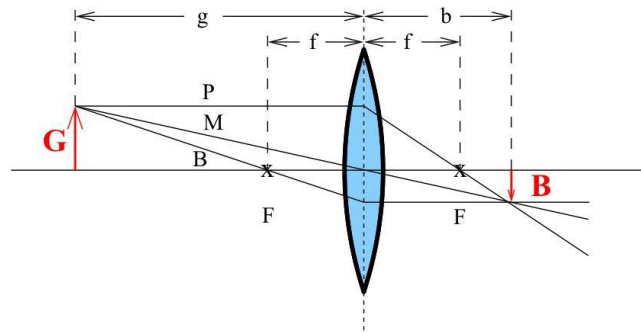
## 2 Theorie

Linsen brechen das Licht aufgrund von Ein-/ bzw Austritt aus dem Linsenmedium welches optisch dichter ist. Generell unterscheidet man zwei Typen von Linsen

### 2.1 Die Linsentypen

#### Sammellinsen

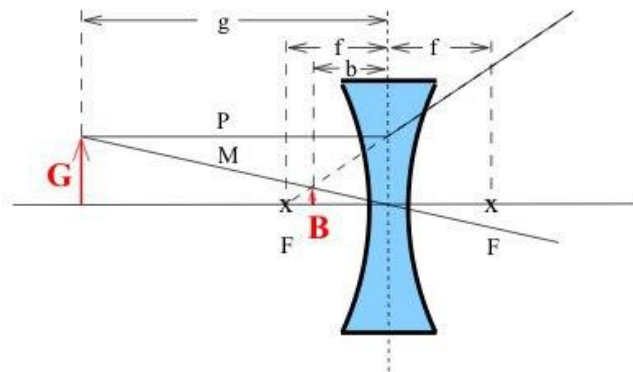
Sammellinsen werden zum Linsenrand dünner und bündeln somit paralleles Licht im sogenannten Brennpunkt. Die Brennweite  $f$  und die Bildweite  $b$  sind dabei stets positiv. Man spricht somit von einem reellen Bild was entsteht.



**Abbildung 1:** Darstellung der Bildkonstruktion einer Sammellinse mit der Bildgröße  $B$ , Gegenstandsgröße  $G$ , Brennpunkt  $F$ , Brennweite  $f$  und Bildweite  $b$ . [1, S. 1]

#### Zerstreuungslinse

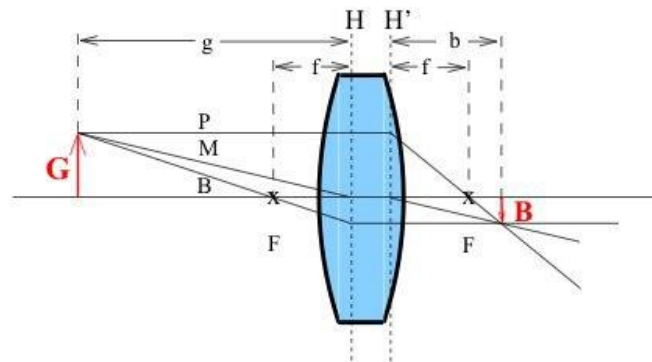
Die Zerstreuungslinse wird, im Gegensatz zu Sammellinse, zum Linsenrand hin dicker. Ihre Brennweite  $f$  und Bildweite  $b$  sind negativ. Man spricht von einem virtuellen Bild was entsteht.



**Abbildung 2:** Darstellung der Bildkonstruktion einer Zerstreuungslinse mit der Bildgröße  $B$ , Gegenstandsgröße  $G$ , Brennpunkt  $F$ , Brennweite  $f$  und Bildweite  $b$ . [1, S. 1]

Bei den, wie oben angesprochenen, Linsen mit spricht man von dünnen Linsen, sie besitzen eine Hauptebene an dem das Licht gebrochen wird.

Werden die Linsen dicker, so reicht diese beschreibung mit einer Hauptebenen nicht mehr aus. Es benötigt zwei Hauptebenen, an denen man sich die Lichtstrahlen gebrochen denkt.



**Abbildung 3:** Darstellung einer dicken Sammellinse mit zwei eingezeichneten Hauptebenen. [1, S. 1]

## 2.2 Bildkonstruktion

Für die Bildkonstruktion betrachte man die drei ausgezeichneten Strahlen.

### 1. Parallelstrahl $P$

Er verläuft parallel vom Gegenstand zur optischen Achse und wird an der Mittelebene der Linse gebrochen.

2. Mittelpunktstrahl  $M$

Er verläuft durch die Mitte der Linse und ändert somit seine Richtung nicht.

3. Brennpunktstrahl  $B$

Er verläuft durch den Brennpunkt der Linse und wird zum Parallelstrahl hin gebrochen.

Aus den Strahlensätzen folgt damit:

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

Mit der Bildgröße  $B$ , Gegenstandsgröße  $G$ , Bildweite  $b$  und Gegenstandsweite  $g$ . Sowie die Linsengleichung

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

Streng genommen gelten Gl. 1, 2 nur für achsennahe Strahlen, da achsenferne Strahlen stärker gebrochen werden und es somit zu Abbildungsfehler (unscharfes Bild) kommen kann. Für zusammengesetzte Linsen (Linsensysteme) addieren sich die rezipoken Brennweiten und definieren die Brechkraft

$$D = \sum_i^N D_i$$

### 3 Durchführung

Zur Verfügung steht eine optische Bahn auf der eine Verschiebung von verschiedensten optischen Elementen möglich ist. Eine Lampe, eine Lochplatte auf der ein L eingestanzt wurde (als Gegenstand) und ein Schirm wird darauf befestigt. Im Folgenden wird eine Brennweitenbestimmung für verschiedene Linsen nach verschiedenen Methodiken durchgeführt.

#### 3.1 Brennweitenbestimmung

Zunächst wird die Gegenstandsweite  $g$  bei einer Linse variiert bis der Gegenstand scharf auf dem Schirm zusehen ist. Die Wertepaare  $(g_i, b_i)$  werden notiert.

Über die Linsengleichung 2 kann nun die Brennweite ermittelt werden.

#### 3.2 Brennweitenbestimmung nach Bessel

Nun wird der Abstand zwischen Gegenstand und Bild als fest gewählt. Durch Verschiebung der Linsenposition findet man 2 Positionen an denen das Bild scharf abgeleitet werden kann. Es gilt

$$g > b \rightarrow \text{Bild verkleinert}$$

$$g < b \rightarrow \text{Bild vergrößert}$$

Über

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

mit

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

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

lässt sich nun die Brennweite  $f$  bestimmen.

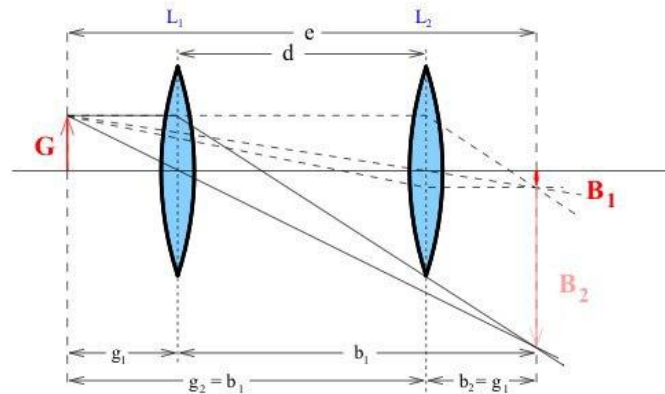


Abbildung 4: Systematische Darstellung der Methodik[1, S. 4]

### 3.3 Brennweitenbestimmung Abbe

Hierbei wird die Brennweite und die Lage der Hauptebenen aus dem Abbildungsmaßstab  $V$  bestimmt. Hierfür wird die Bildweite  $b$  und die Gegenstandsweite  $g$  relativ zur jeweiligen Hauptachse  $H$  und  $H'$  gemessen. Da diese unbekannt sind wählt man einen beliebigen Punkt  $A$ .

Man misst nun die Bildweite  $b'$  und die Gegenstandsweite  $g'$ , es gilt

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

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

Die Linsen werden dabei auf der optischen Bahn direkt nebeneinander gestellt, sodass sie gemeinsam bewegt werden können, ohne ihren Abstand zueinander zu verändern. Nun wird  $V$ ,  $b'$  und  $g'$  gemessen.

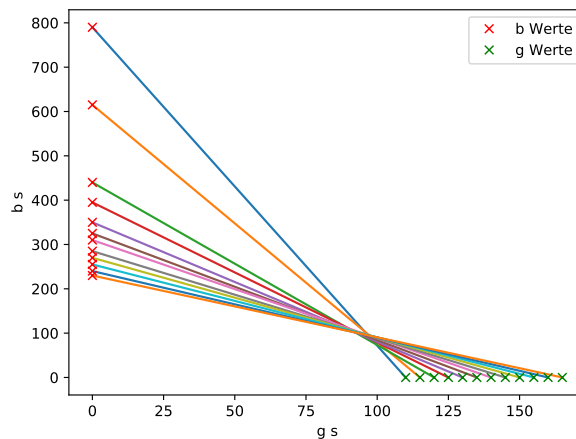
## 4 Auswertung

### 4.1 Bestimmung der Brennweite aus Gegenstandsweite und Bildweite

Aus dem Mittelwert der gemessenen Werte wird mithilfe von Gleichung 2 die Brennweite der Linse bestimmt.

$$f_1 = \frac{g \cdot b}{g + b} = 95,86\text{mm}$$

Die Messung wird nun über das auftragen der Messwerte in einem Koordinatensystem bewertet, wenn die Messgenauigkeit hoch ist, sollten sich alle Geraden in einem Punkt schneiden dessen x und y koordinate der Brennweite entsprechen.

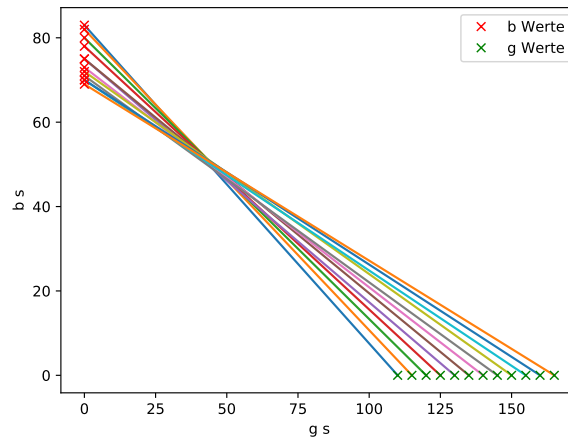


**Abbildung 5:** Die Wertepaare werden auf der jeweiligen Achse aufgetragen und durch eine Gerade verbunden

Die selbe Methode wird nun auf eine andere Linse mit einer anderen Brennweite angewandt. Es ergibt sich:

$$f_2 = 48,07\text{mm}$$

Und der entsprechende Graph:



**Abbildung 6:** Die Wertepaare werden auf der jeweiligen Achse aufgetragen und durch eine Gerade verbunden

## 4.2 Methode von Bessel

Nach der Methode von Bessel lässt sich mit Gleichung 3 die Brennweite der Linse bestimmen.

e mm	d mm	f mm
400	70	96,94
410	95	97,00
420	119	96,57
430	138	96,43
440	155	96,35
450	170	96,44
460	182	97,00
470	193	97,69
480	211	96,81
490	221	97,58
500	233	97,86

**Tabelle 1:** Die Parameter e und b und die jeweilige berechnete Brennweite

Als Mittelwert der berechneten Brennweiten ergibt sich

$$f_{\text{bessel}} = 96,97\text{mm}$$



### 4.3 Methode von Abbe

Bei der Methode von Abbe werden die  $g'$  und  $b'$  aus Gleichung 4 und 5 gegen den entsprechenden Term mit  $V$  aufgetragen und der lineare Zusammenhang wird untersucht.

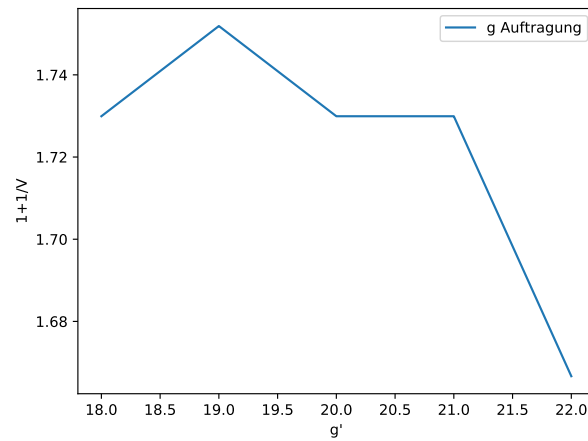


Abbildung 7: Abbe

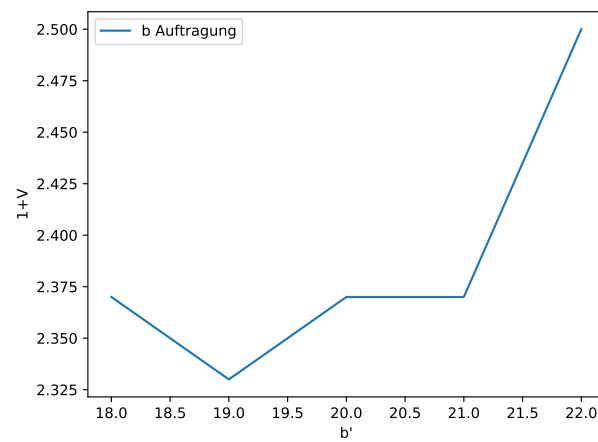


Abbildung 8: Abbe

Bei den hier gemessenen Werten lässt sich nur schwer ein linearer Zusammenhang erkennen.

## 5 Diskussion

Messung	Wert mm	absoluter Fehler mm	relativer Fehler
$f_1$	95.86	4.14	0.041
$f_2$	48.07	1.93	0.039
$f_{\text{bessel}}$	96.97	3.03	0.030

**Tabelle 2:** Die berechneten Größen und ihre Abweichung

Wie in der Tabelle erkennbar ergeben sich für die Methode mit Brennweite und Gegenstandsweite und für die Methode nach Bessel Abweichungen von maximal 4,1%. Man sieht auch dass die Methode nach Bessel einen genaueren Wert für die Brennweite liefert als die Berechnung mit der Gegenstandsweite und der Bildweite.

Bei der Methode nach Abbe ist in den beiden Graphen nur schwer ein linearer Zusammenhang zu erkennen. Die Probleme in dieser Methode sind darauf zurückzuführen, dass die Messdaten fehlerhaft sind und die V Werte nicht zu den entsprechenden  $g'$  und  $b'$  Werten passen.

## Literatur

- [1] Tu Dortmund. „Versuch 408: Geometrische Optik“. In: ().
- [2] John D. Hunter. „Matplotlib: A 2D Graphics Environment“. Version 1.4.3. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3 (2007), S. 90–95. URL: <http://matplotlib.org/>.
- [3] Travis E. Oliphant. „NumPy: Python for Scientific Computing“. Version 1.9.2. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3 (2007), S. 10–20. URL: <http://www.numpy.org/>.

## **6 Anhang**