

# BL - Linsen

## Blockpraktikum Frühjahr 2005

Alexander Seizinger, Tobias Müller  
Assistent Gunnar Ritt

Tübingen, den 3. April 2005

### 1 Einführung

In diesem Versuch soll das Verhalten verschiedener Linsen genauer untersucht werden.

### 2 Theoretische Grundlagen

#### 2.1 Brechungsgesetz

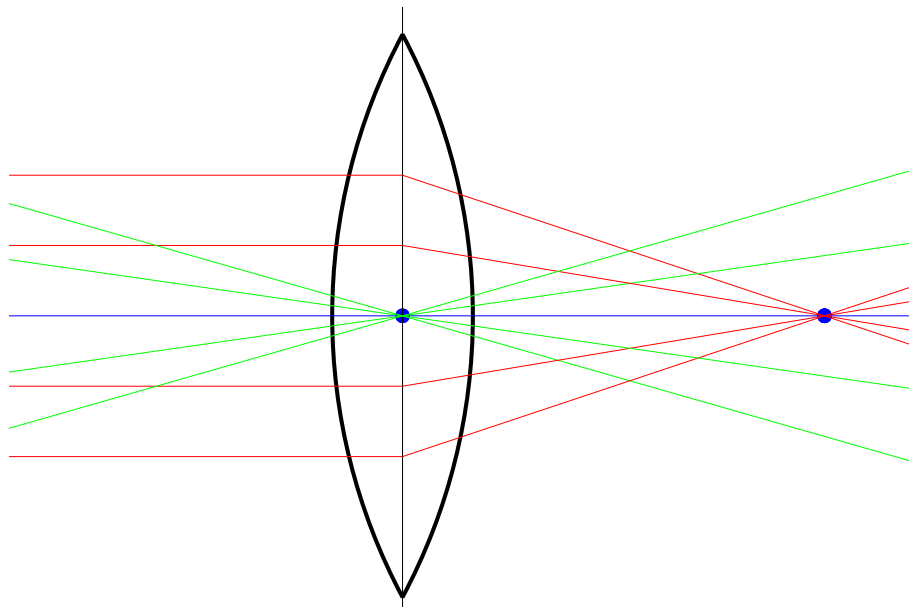
Nach Snellius wird unter dem Winkel  $\alpha$  einfallendes Licht beim Übergang von einem Medium mit Brechzahl  $n_1$  in ein Medium der Brechzahl  $n_2$  um den Winkel  $\beta$  gebrochen. Es gilt folgender Zusammenhang:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

#### 2.2 Strahlengang bei bikonvexen Linsen

Aus der Fülle der einfallenden Strahlen sind drei Strahlen von besonderem Interesse:

- Parallel einfallende Strahlen
- Im Mittelpunkt einfallende Strahlen
- Strahlen durch den Brennpunkt



## 2.3 Brechung an dünnen Linsen

Aus eine Linse fallendes Licht wird zuerst beim Eintreten in die Linse und anschliessend beim Austritt aus der Linse gebrochen. Bei dünnen (und bikonkaven/bikonvexen) Linsen ist es jedoch möglich, dies näherungsweise nur als eine Brechung an der sog. Hauptebene der Linse zu betrachten.

## 2.4 Brechung an dicken Linsen

Bei dicken Linsen ist diese Näherung jedoch nicht mehr möglich, das Licht wird beim Durchlaufen zu stark gebrochen. Aus diesem betrachtet man bei dicken Linsen zwei verschiedene Hauptebenen, an denen jeweils ein Teil der einfallenden Strahlen gebrochen wird.

## 2.5 Linsengleichung und Brechkraft

Durch zweifaches Anwenden von Strahlensätzen ergibt sich folgender Zusammenhang zwischen Gegenstandsweite  $g$  (Abstand des Gegenstands von der vorderen Hauptebene der Linse), Bildweite  $b$  (Abstand des Bildes von der hinteren Hauptebene) und der Brennweite  $f$  der Linse:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$$

Die Brennweite  $f$  ist der reziproke Wert der Brechkraft, es gilt also:

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

## 2.6 Hintereinanderschaltung von Linsen

Ähnlich zur Hintereinanderschaltung von Kondensatoren ergibt sich eine Ersatzbrechkraft des Linsensystems aus der Addition der Brechkraften der einzelnen Linsen, allerdings ist ein Korrekturterm nötig, der den Abstand  $d$  der beiden Linsen berücksichtigt.

$$D_{ges} = D_1 + D_2 - D_1 D_2 d$$

## 2.7 Bessel-Verfahren

Wenn die genaue Lage der Hauptebenen zweier Linsen nicht bekannt ist, kann die Methode von Bessel angewandt werden: Bei einem fest gewählten Abstand  $d$  zwischen Gegenstand und Abbildung werden die Linsen so lange verschoben, bis ein scharfes Bild entsteht. Dies ist aus Symmetriegründen genau zweimal der Fall. Sei  $a$  der Abstand der beiden Linsen, dann lässt sich mit ein wenig Geometrie für die Brennweite  $f$  folgende Beziehung herleiten:

$$f = \frac{1}{4} \cdot \left( d - \frac{a^2}{d} \right)$$

# 3 Auswertung

## 3.1 Kleine Sammellinse

Mit Hilfe der Formel

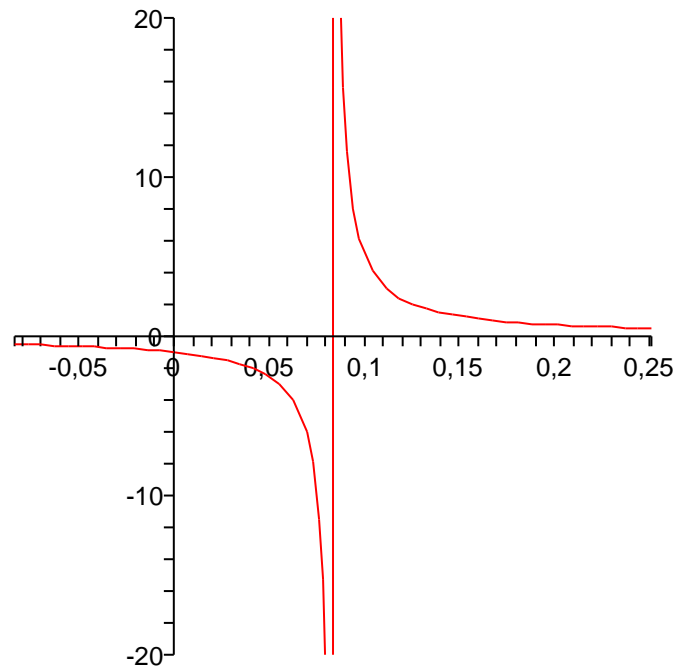
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$$

lässt sich aus unseren Messungen die Brennweite  $f_1$  und Brechkraft  $D_1$  der Linse berechnen:

$$f_1 = 0,084\text{m} \pm 0,0018\text{m}$$

$$D_1 = 11,95\text{1/m} \pm 0,26\text{1/m}$$

### Vergrößerung der kleinen Sammellinse



X-Achse: Gegenstandsweite  $g$  [m], Y-Achse: Vergrößerung

### 3.2 Große Sammellinse

Um die Brennweite  $f_2$  und Brechkraft  $D_2$  dieser Linse zu ermitteln wurde das Besselverfahren angewendet.

$$f_2 = 0,146\text{m} \pm 0,00027\text{m}$$

$$D_2 = 6,86^1/\text{m} \pm 0,013^1/\text{m}$$

### 3.3 Linsenkombination und Zerstreulinse

Um die Brennweite  $f_3$  und Brechkraft  $D_3$  der Linsenkombination zu ermitteln wurde das Besselverfahren angewendet. Anschließend konnte mit Hilfe der Daten der großen Sammellinse die Brennweite  $f_4$  und Brechkraft  $D_4$  der Zerstreulinse berechnet werden.

$$f_3 = 0,18\text{m} \pm 0,0002\text{m}$$

$$D_3 = 5,50^1/\text{m} \pm 0,006^1/\text{m}$$

$$f_4 = -0,53\text{m} \pm 0,006\text{m}$$

$$D_4 = -1,9^1/\text{m} \pm 0,02^1/\text{m}$$

### 3.4 sphärische Aberration

Um die sphärische Aberration zu bestimmen wurde die Brennweite  $f_{5z}$  der zentralen Strahlen und die Brennweite  $f_{5a}$  der äußeren Strahlen ermittelt. Anschließend konnte dann die Abberation  $\Delta_5$  bestimmt werden.

$$f_{5z} = 0,102\text{m} \pm 0,0002\text{m}$$

$$f_{5a} = 0,109\text{m} \pm 0,004\text{m}$$

$$\Delta_5 = 0,0009\text{m} \pm 0,0004\text{m}$$