

---

# Übungen zur Experimentalphysik 3

Prof. Dr. L. Oberauer

Wintersemester 2010/2011

Übungsblatt 7 - 6. Dezember 2010

---

Franziska Konitzer (franziska.konitzer@tum.de)

---

## Aufgabe 1 (★) (8 Punkte)

Optische Systeme, bei denen die chromatische Aberration korrigiert ist, heißen achromatische Systeme oder Achromaten. Beim sog. Fraunhofer-Achromat werden zwei dünne Linsen in vernachlässigbarem Abstand miteinander kombiniert.

- a) Zeigen Sie, dass für die relative Änderung der Brechkraft  $D = 1/f$  einer einzelnen dünnen Linse in Abhängigkeit vom Brechungsindex  $n$

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{\Delta n}{n-1}$$

gilt.

- b) Im sichtbaren Wellenlängenbereich wird diese Materialeigenschaft durch die sog. Abbé-Zahl  $\nu_d = (n_d - 1)/(n_F - n_C)$  charakterisiert, wobei  $n$  mit Indizes  $C$ ,  $d$  und  $F$  den Brechungsindex für Licht im roten, gelben und blauen Wellenlängenbereich (Fraunhofer'sche Linien) darstellt. Berechnen Sie  $\nu_d$  für die beiden in der Tabelle angegebenen Glassorten.

$\lambda(\text{nm})$		BK1	F2
656.28	C	1.50763	1.61503
587.56	d	1.51009	1.62004
486.13	F	1.51566	1.63208

- c) Als Bedingung für den Achromaten wird gefordert, dass  $f_C$  und  $f_F$  identisch sind. Zeigen Sie, dass das Linsensystem die Gleichung

$$f_{d1}\nu_{d1} + f_{d2}\nu_{d2} = 0$$

erfüllen muss.

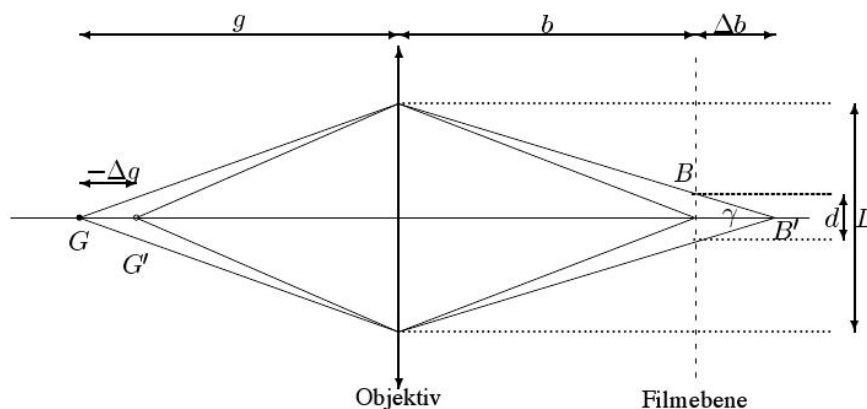
- d) Welche Form haben die beiden Linsen also? Warum verwendet man zusätzlich verschiedene Gläser mit sehr unterschiedlichen Abbé-Zahlen?

## Aufgabe 2 (★★) (5 Punkte)

In der Fotografie wird die Blende  $1 : F = D/f$  als Verhältnis zwischen dem Durchmesser  $D$  der Eintrittspupille und der Brennweite eines Objektivs angegeben.

Mit einem Teleobjektiv ( $f = 150 \text{ mm}$ ) wird bei Blende  $1 : 4$  auf einen Gegenstand in  $5 \text{ m}$  Entfernung fokussiert. Berechnen Sie den Schärfentiefenbereich. Nehmen Sie dazu an, dass ein Gegenstand als scharf erscheint, solange er auf dem Film als Kreisscheibe mit einem Durchmesser  $d \leq 0.05 \text{ mm}$  abgebildet wird. Die Skizze hilft Ihnen bei der Orientierung.

(Beachten Sie, daß  $\Delta b \ll b$  und somit  $b + \Delta b \approx b$  folgt. Außerdem gilt  $g \gg f$ .)



### Aufgabe 3 (★★) (10 Punkte)

Ein Projektor besteht aus Lichtquelle, Kondensator und Objektiv. Der Kondensator dient dazu, das Objektiv optimal auszuleuchten. Das Objektiv bildet dann das Dia auf die Leinwand ab. Zur Vereinfachung darf angenommen werden, dass Kondensator und Objektiv aus dünnen Linsen bestehen, und dass sich das Dia unmittelbar hinter dem Kondensator befindet.

Ein Projektor soll nun ein Kleinbild-Dia ( $24 \text{ mm} \times 36 \text{ mm}$ ) in einer Entfernung von  $3 \text{ m}$  vom Objektiv auf eine Leinwand der Größe  $1.25 \text{ m} \times 1.25 \text{ m}$  abbilden. Dabei sollen die Leinwand und die Halogenlampe optimal ausgenutzt werden. Die leuchtende Fläche der Halogenlampe beträgt  $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ . Das Objektiv hat einen Durchmesser von  $30 \text{ mm}$ .

- Zeichnen Sie eine Prinzip-Skizze des Projektors.
- Wie weit ist das Dia vom Objektiv entfernt und welche Brennweite  $f_{\text{Objektiv}}$  hat das Objektiv?
- Wie weit ist die Lampe vom Kondensator entfernt und welche Brennweite  $f_{\text{Kondensator}}$  hat dieser?
- Welchen Durchmesser muss der Kondensator mindestens haben?

### Aufgabe 4 (★★) (6 Punkte)

Das Modell eines Zoom-Objektivs für eine Kleinbild-Kamera soll aus zwei dünnen Sammellinsen mit veränderbarem Abstand  $d$ , gleichen Brennweiten und Brechzahlen  $n = 1.57$  aufgebaut werden und folgende Eigenschaften haben:

Brennweitenvariation zwischen 90 mm und 210 mm, Öffnungsverhältnis 1 : 3.5.

- a) Alle Oberflächen der sphärischen Sammellinsen haben den Krümmungsradius  $r = 91\text{mm}$ . Wie groß ist deren Brennweite  $f_1$  bzw.  $f_2$ ?
- b) Welchen Durchmesser  $D$  muss die Frontlinse (Eintrittspupille) haben?
- c) In welchem Bereich muss der Linsenabstand  $d$  veränderbar sein?
- d) Welche kleinste Brennweite ist möglich, wenn beide Linsen denselben Durchmesser  $D$  haben?