

Optisches Praktikum, Aufgabe 3:

Grundpunkte eines optischen Systems

1. Ziel der Aufgabe

- experimentelle Bestimmung der Grundpunkte eines optischen Systems
- Anwendung der Brennweitenformel für zweigliedrige Systeme

2. Grundlagen

Hauptanwendungszweck optischer Systeme ist die Abbildung vorgegebener Objekte. Der Zusammenhang zwischen Objekt und Bild ist in einem optischen System in Luft durch die Abbildungsgleichungen von Newton nach Lage und Größe gegeben:

$$\mathbf{b} = \frac{f}{x} = -\frac{x'}{f} \quad \text{und} \quad x x' = -f^2$$

Dabei bezeichnet f die Brennweite, sie ist eine Systemkonstante (zu ihrer Definition siehe Aufgabe 2: Kollimator); \mathbf{b} ist der Abbildungsmaßstab, das Verhältnis von Bild- zu Objektgröße; die Größen x und x' dienen zur Angabe der Lagen von Objekt bzw. Bild und werden entsprechend vom objekt- oder bildseitigen Brennpunkt aus gemessen. Setzt man nacheinander für den Abbildungsmaßstab $\mathbf{b} = 0, \infty, +1, -1$, so werden dadurch Punkte im Objekt- und Bildraum definiert, die man als Grundpunkte oder Kardinalpunkte eines optischen Systems bezeichnet; im einzelnen gilt für:

$$\mathbf{b} = 0: \quad x' = 0$$

Definition des bildseitigen Brennpunktes F' (das Objekt liegt im Unendlichen, $x = -\infty$)

$$\mathbf{b} = \infty: \quad x = 0$$

Definition des objektseitigen Brennpunktes F (das Bild liegt im Unendlichen $x' = \infty$)

$b = +1$: $x = f$ und $x' = -f$ Definition der positiven Hauptpunkte H und H' , Objekt und Bild haben gleiche Größe und gleiche Orientierung.

$b = -1$: $x = -f$ und $x' = f$ Definition der sogenannten negativen Hauptpunkte N und N' , Objekt und Bild haben gleiche Größe, aber unterschiedliche Orientierung.

Sind die Brechzahlen im Objekt- und Bildraum unterschiedlich, so müssen noch die sogenannten Knotenpunkte definiert werden: Die Knotenpunkte K und K' werden ineinander mit der Winkelvergrößerung $g = +1$ abgebildet. Bei Systemen in Luft fallen die Knoten- und Hauptpunkte zusammen.

Die Lage der Grundpunkte wird durch Bild 1 verdeutlicht; es gelten die Abstandsbeziehungen:

$$\overline{NF} = \overline{FH} = \overline{H'F'} = \overline{F'N'} = f \quad \text{und} \quad \overline{NN'} = 4f + \overline{HH'}$$

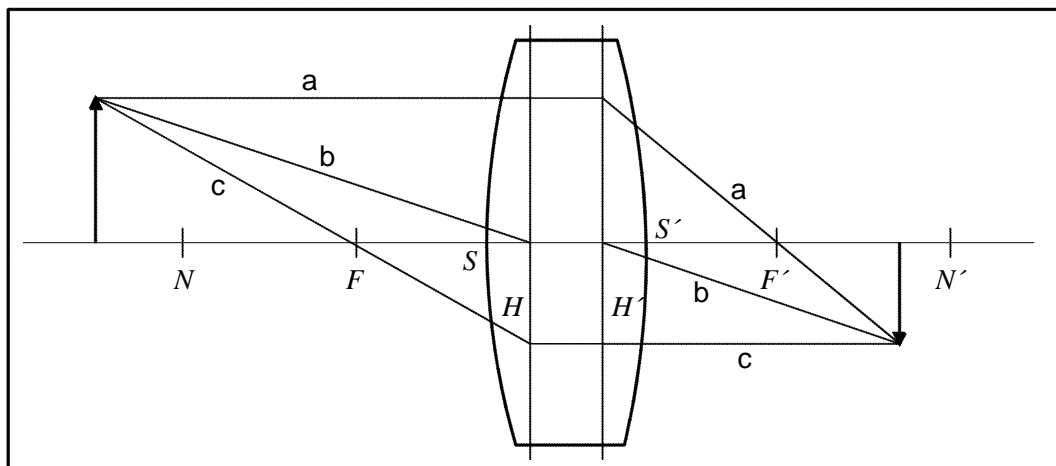


Bild 1: Listingsche Konstruktion

Die sogenannte *Listingsche Konstruktion* erlaubt aus der Kenntnis der Brennpunkte und der positiven Hauptpunkte für ein beliebiges Objekt das zugehörige (Gaussische) Bild auf zeichnerischem Wege zu finden: Konstruktionslinie a verläuft objektseitig achsenparallel, muß also im Bildraum durch den Brennpunkt F' gehen; Konstruktionslinie b durch den objektseitigen Hauptpunkt H (=Knotenpunkt) muß im Bildraum durch den bildseitigen Hauptpunkt H' (=Knotenpunkt) mit der gleichen Neigung wie im Objektraum verlaufen; Konstruktionslinie c geht durch den objektseitigen Brennpunkt F , verläuft demnach im Bildraum achsenparallel. Zur Zeichnung sind nur zwei der drei Konstruktionslinien notwendig, die dritte dient zur Kontrolle.

Liegt ein aus zwei Teilsystemen mit bekannten Brennweiten zusammengesetztes System vor, so kann man mit Hilfe der Brennweitenformel für zweigliedrige Systeme die Brennweite des zusammengesetzten Systems ermitteln:

$$f_{12} = -\frac{f_1 f_2}{e_{12}}$$

e_{12} : Abstand der beiden Brennpunkte F_1', F_2

f_1, f_2 : Brennweiten der Teilsysteme

3. Aufgaben

Für zwei Prüflinge sollen die Lage der Grundpunkte bestimmt und die Brennweiten ausgemessen werden.

Die Prüflinge sind:

- Teleobjektiv
- Okular

3.1 Messung des Teleobjektivs (auf vollständig geöffnete Blende achten): Zuerst wird die Lage der Brennpunkte festgestellt. Ein Kollimator (Objektiv mit beleuchteter Marke in der vorderen Brennebene) liefert ein unendlich entferntes Objekt, das der Prüfling in seine hintere Brennebene abbildet. Die Lagen beider Brennpunkte relativ zu den Linsenscheiteln (die Schnittweiten s_F, s'_F) werden mit einem auf der optischen Bank definiert verschiebbaren Mikroskop bestimmt. Auf Parallaxenfreiheit (Marke im Mikroskop-Okular gegenüber dem Bild des Linsenscheitels beziehungsweise der Kollimatormarke!) muß dabei geachtet werden. Zur Bestimmung der Lage der negativen Hauptpunkte werden zwei Maßstäbe gleicher Teilung aufeinander abgebildet ($\mathbf{b} = -1$). Die Lage der Punkte relativ zu den Linsenscheiteln wird wieder mit dem Mikroskop gemessen (s_N, s'_N). $\overline{NN'}$ muß gemessen werden, um die Linsendicke $\overline{SS'}$ ermitteln zu können. Beide Skalen müssen dabei von der gleichen Seite aus anvisiert werden, damit die Verschiebungsstrecke des Mikroskops wirklich gleich $\overline{NN'}$ ist. Alle Abstände müssen durch mehrmalige Messung genügend gesichert sein. Erst dann werden mit Hilfe der obigen Beziehungen die Brennweite und die Lage der positiven Hauptpunkte H, H' (das heißt s_H und s'_H) berechnet.

3.2 Messung des Okulars auf die gleiche Weise wie das Teleobjektiv.

Literatur

1. J. Flügge: **Leitfaden der geometrischen Optik und des Optikrechnens**
Vanderhoek & Ruprecht, Göttingen 1956
2. H. Slevogt: **Technische Optik**
Sammlung Göschen, Bd. 9002, Walter de Gruyter, Berlin 1974