

Optisches Praktikum, Aufgabe 2:

**Aufbau und Kalibrierung eines Kollimators zur  
Brennweitenbestimmung**

**1. Ziel der Aufgabe**

- Kennenlernen eines wesentlichen Verfahrens zur Brennweitenbestimmung
- Anwendung des Autokollimationsverfahrens

**2. Grundlagen**

2.1 Brennweite

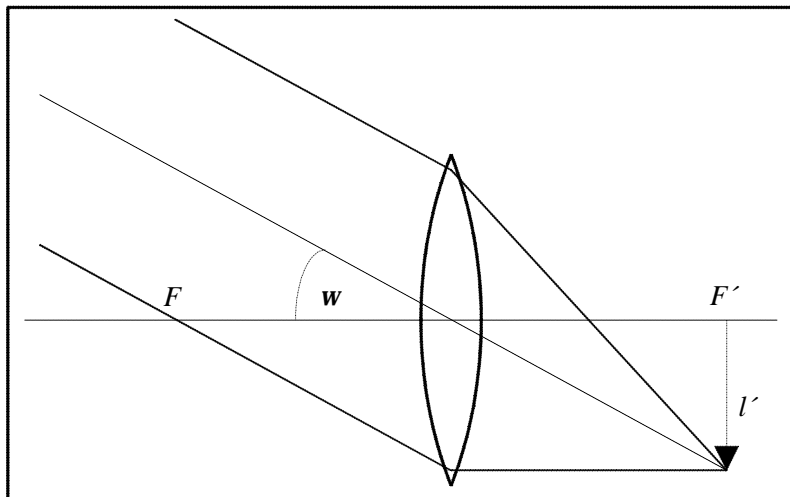
Eine wichtige Konstante abbildender Systeme ist die Brennweite  $f$ . Sie ist definiert durch die Gleichung

$$f = - \lim_{\substack{w \rightarrow 0 \\ s \rightarrow -\infty}} \frac{l'}{\tan w}$$

das heißt für kleine Werte von  $w$  gilt

$$f = - \frac{l'}{w}$$

wobei  $w$  die Winkelgröße eines Objekts im Unendlichen ( $s = -\infty$ ) und  $l'$  die Größe des zugehörigen Bildes in der bildseitigen Brennebene bedeuten. Der Grenzwert für  $w \rightarrow 0$  existiert für positive und negative  $w$ . Damit wird die Bestimmung dieses Grenzwertes durch Interpolation für  $w = 0$  möglich.

Bild 1: Die WinkelgröÙe  $w$  eines im Unendlichen liegenden Objekts

Zur Brennweitenmessung nach dieser Definition wird ein *Kollimator* benutzt. Ein Kollimator ist ein Hilfsgerät zur Erzeugung von Objekten bekannter WinkelgröÙe im Unendlichen. Er besteht aus einem Linsensystem mit positiver Brechkraft, in dessen vorderer Brennebene Meßmarken im Abstand  $l_m$  von der optischen Achse angebracht sind, die im Unendlichen unter dem Winkel  $w'$  erscheinen. Es besteht die Beziehung

$$w' = \frac{l_m}{f}$$

## 2.2 Autokollimationsverfahren

Dieses Verfahren kommt bei der Justierung eines Kollimators zur Anwendung.

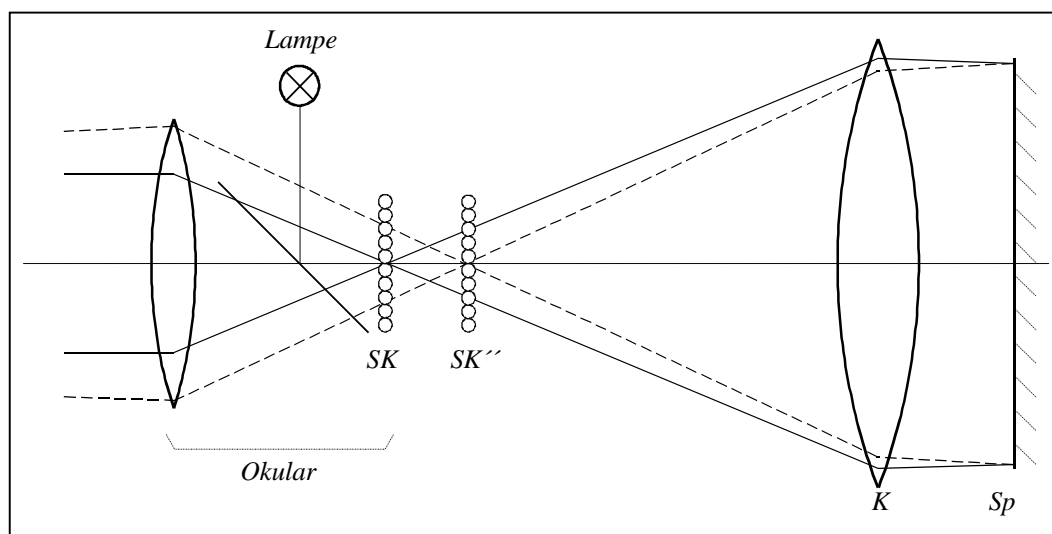


Bild 2: Prinzip des Autokollimationsverfahrens

Es sei  $K$  das Kollimatorobjektiv,  $SK$  die zu justierende Platte mit Meßmarken. Das Okular sei ein Autokollimationsokular, das ist ein gewöhnliches Okular mit zugänglicher Objektebene und einer Anordnung zur Lichteinspiegelung von der Seite her. Das Beobachteraue befindet sich unmittelbar hinter dem Okular und betrachtet die von der Lichtquelle beleuchteten Meßmarken  $SK$ . Mit Hilfe des Planspiegels  $Sp$  wird das vom Kollimatorobjektiv erzeugte Bild  $SK'$  von  $SK$  abermals vom Kollimator abgebildet und es entsteht ein Bild  $SK''$ . Dieses liegt nur dann in der Ebene von  $SK$ , wenn sich die Meßmarken in der Brennebene des Objektes befinden. Um zu prüfen, ob Objekt- und Bildebene zusammenfallen, bewegt man den Kopf hinter dem Okular hin und her. Dabei dürfen sich die im Okular betrachteten Meßmarken  $SK$  und  $SK''$  nicht gegeneinander verschieben. Es handelt sich um eine Einstellung auf Parallaxenfreiheit. Der so justierte Aufbau ist dem Assistenten zu zeigen. Am Beginn des Aufbaus achte man darauf, daß der Kollimator so gefaßt wird, daß man nach der Justierung damit an die in Abschnitt 2.3 beschriebene Stelle des Goniometers gelangen kann.

### 2.3 Kalibrierung des Kollimators

Zur Kalibrierung des Kollimators wird die Winkelgröße  $w'$  der Meßmarkenbilder mit einem Winkelmeßgerät (*Goniometer*) bestimmt. Ein solches Gerät besteht aus einem Fernrohr, das um eine vor dem Fernrohrobjektiv liegende Drehachse schwenkbar ist und einen Teilkreis zur genauen Ablesung der Drehwinkel besitzt. Die Drehachse soll so weit vor dem Fernrohrobjektiv liegen, daß sie durch den hinteren Hauptpunkt des Kollimatorobjektivs geht.

*Was passiert, wenn diese Forderung grob verletzt ist?*

*Was passiert, wenn die optische Achse des Fernrohres nicht durch die Drehachse des Goniometers verläuft?*

Das hier verwendete Goniometer besitzt einen Teilkreis mit Neugradteilung (der Vollkreis entspricht  $400^\circ$ ).

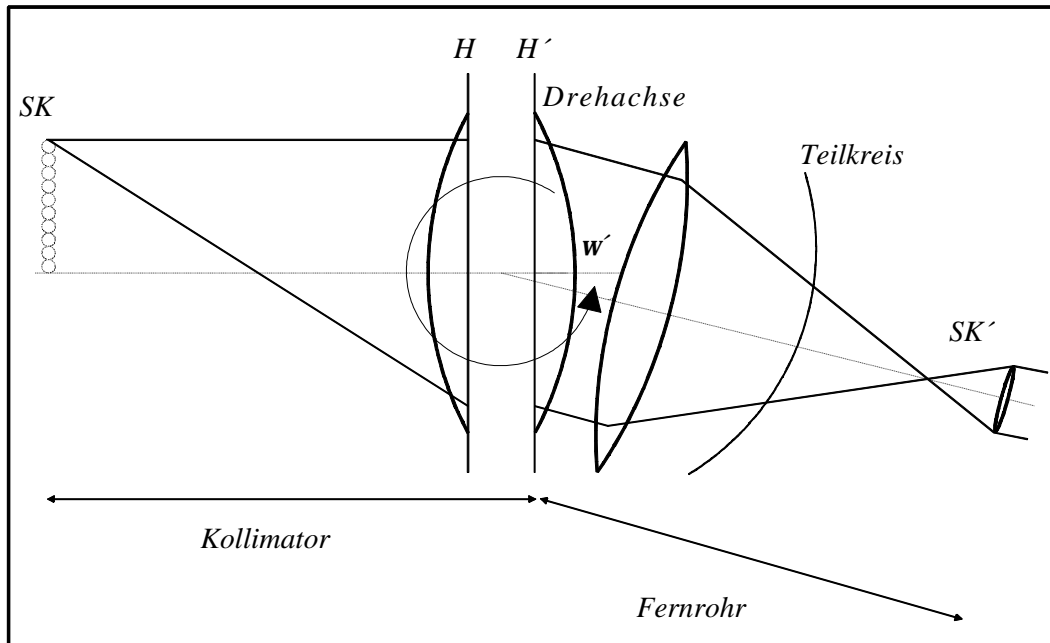


Bild 3: Anordnung zur Kalibrierung des Kollimators

Die Ablesung hat an zwei Teilkreisstellen zu erfolgen (*warum?*) und zwar jeweils fünfmal, um ein ausreichend genaues Meßergebnis zu erhalten.

#### 2.4 Brennweite des Prüflings

Der Aufbau ist vorzunehmen wie in den Grundlagen beschrieben. *Man überlege, welche Seite des Prüflings dem Kollimator zugewandt sein muß.* Die Messung der Bildgröße erfolgt mit einem Mikroskop, das senkrecht zur optischen Achse meßbar verschoben werden kann (Achtung, toter Gang!).

Vor Beginn der Messung ist die Stellung des Okulars (Fadenkreuz) dem eigenen Auge anzupassen und der Gebrauch der Mikrometerschraube zu üben. Man messe dann symmetrisch zur Kollimatorachse, um die Brennweite durch Interpolation bestimmen zu können.

### 3. Aufgaben

#### 3.1 Aufbau und Justierung eines Kollimators mittels Autokollimationsverfahren

#### 3.2 Kalibrieren des Kollimators

#### 3.3 Berechnung der Brennweite des Kollimatorobjektivs

3.4 Bestimmung der Brennweite eines Prüflings

3.5 Numerische Berechnung der Einwirkung einer Fehljustierung des Kollimators auf die Meßgenauigkeit am gemessenen Beispiel mit Hilfe der Abbildungsgleichung von Newton

3.6 Berechnung der Auswirkung von Ablesefehlern am Meßmikroskop sowie am Goniometermikroskop auf die Meßgenauigkeit

---

## Literatur

1. J. Flügge: **Einführung in die Messung der optischen Grundgrößen**  
G. Braun Verlag, Karlsruhe 1954
2. F. Kohlrausch: **Praktische Physik I**  
Teubner, Stuttgart 1985
3. J. Picht: **Meß- und Prüfmethode der optischen Fertigung**  
Akademie-Verlag, Berlin 1953