

Optisches Praktikum, Aufgabe 10:

Sternaufnahmen zur Objektivprüfung

1. Ziel der Aufgabe

Erkennen des Einflusses der verschiedenen geometrisch-optischen Abbildungsfehler in Abhängigkeit von Apertur, Feld und Fokussierung

2. Grundlagen

Jede optische Abbildung durch ein optisches System mit endlicher Öffnung ist mit Abbildungsfehlern behaftet, das heißt die von einem Objektpunkt ausgehenden und das abbildende System durchsetzenden Strahlen schneiden sich im Bildraum nicht wieder in einem Punkt. Dies trifft auch für ein geometrisch-optisch perfektes System zu, weil aufgrund der Beugung des Lichts an Blenden und Linsenrändern unvermeidbar Beugungsringe um den Bildpunkt auftreten.

Die wichtigsten geometrisch-optischen Abbildungsfehler sind:

2.1 Öffnungsfehler

Der Öffnungsfehler tritt generell bei jeder Abbildung auf, speziell bei der Abbildung axialer Objektpunkte ist er der einzige monochromatische Abbildungsfehler. Strahlen, die das abbildende System in unterschiedlichen Winkeln zur Achse durchsetzen, schneiden im Bildraum die optische Achse an unterschiedlichen Stellen. Das Strahlenbündel im Bildraum ist rotationssymmetrisch, auf einer Auffangebene entsteht ein rundes Zerstreungsscheibchen.

2.2 Koma

Genau wie bei axialer Abbildung zeigt sich auch bei der Abbildung eines außeraxialen Objektpunktes, daß Strahlen, die in verschiedener Entfernung vom Hauptstrahl das System durchsetzen, sich nicht in einer Bildlinie schneiden. Das Strahlenbündel im Bildraum hat nur noch eine Symmetrieebene. Strahlen, die objektseitig dieselbe Neigung zum Hauptstrahl haben, schneiden sich im Bildraum an unterschiedlichen Stellen und erzeugen so eine Asymmetrie.

2.3 Astigmatismus

Astigmatismus tritt bei Abbildung außeraxialer Objektpunkte auf. Anstelle eines einheitlichen Bildpunktes entstehen zwei zueinander senkrechte Bildlinien, die voneinander einen merklichen Abstand haben. Das Strahlenbündel im Bildraum besitzt zwei Symmetrieebenen. Diese Auswirkungen des Astigmatismus sind bei starker Abblendung besonders gut erkennbar.

2.4 Bildfeldwölbung

Bei der Abbildung mehrerer in einer achsensenkrechten Ebene liegender Objektpunkte liegen die jeweiligen engsten Einschnürungen des bildseitigen Strahlenbündels (die den „Bildern“ entsprechen) nicht in einer achsensenkrechten Ebene, sondern auf einer gekrümmten Rotationsfläche, genannt *Bildschale*. Als Folge dessen können nur ringförmige Bereiche, genannt Zonen, auf einmal scharf abgebildet werden. Diese Erscheinung nennt man Bildfeldwölbung.

2.5 Verzeichnung

Der Abbildungsmaßstab bzw. die Brennweite sind tatsächlich nicht konstant und ändern sich von der Bildmitte zum Bildrand hin. Als Folge davon werden Quadrate im Objekt mit kissen- bzw. tonnenförmiger Verzeichnung abgebildet.

2.6 Farbfehler

Die in 2.1 bis 2.5 genannten Abbildungsfehler sind abhängig von der Wellenlänge des das optische System durchsetzenden Lichts, wenn dieses System Linsen enthält. Die Auswirkungen dieser Fehler sind von zahlreichen Parametern abhängig, insbesondere von Apertur, Feld, Objektlage und Aperturblendenlage.

Optische Systeme werden aus mehreren Linsen bzw. Spiegeln aufgebaut um die Abbildungsfehler korrigieren zu können. Diese Korrektion besteht hauptsächlich in einer Kompensation der Abbildungsfehler der einzelnen Elemente.

Die gleichzeitige Korrektion aller Fehler ist nicht möglich, jedes optische System stellt daher einen Kompromiß dar. Ausgehend von der konkreten Abbildungsaufgabe eines optischen Systems werden die am stärksten störenden Abbildungsfehler reduziert. Der Konstrukteur des Systems muß dabei abwägen, ob die erreichbare Korrektion in einem sinnvollen Verhältnis zum erforderlichen technischen Aufwand steht. Es gibt daher keine universell verwendbaren optischen Systeme. Jedes leistet nur in einem bestimmten Anwendungsbereich ein Optimum.

Daraus folgt, daß kein optisches System von Objektpunkten inner- und außerhalb der optischen Achse ideal scharfe Bilder, sondern nur mehr oder minder große Zerstreuungsfingern verschiedener Helligkeitsverteilung in einer Auffangebene liefert. Man kann aus Sternaufnahmen Rückschlüsse auf die Korrektion des betreffenden abbildenden Systems ziehen. Es sei darauf hingewiesen, daß diese Schlüsse zu einer wertenden Beurteilung nicht ausreichen.

3. Aufgaben

Es soll die Abbildung kleiner Objekte (Lochblenden 0,5 mm \varnothing) durch ein Fotoobjektiv bei einem Abbildungsmaßstab von etwa 1:4 beobachtet werden.

3.1 Herstellung einer Aufnahmenreihe mit variabler Fokussierung in Schritten von 0,7 mm bei offener Blende ($f: 2$); Belichtungszeit $t = 1/25$ s

3.2 Herstellung einer Aufnahmenreihe bei einer mittleren Einstellung mit variabler Blende: $f: 2 / 3,2 / 4,5 / 9 / 18 / 36$

Wie muß die Belichtungszeit verändert werden? Was versteht man unter der Blendenzahl?

3.3 Die Aufnahmen sollen mit einem Projektor betrachtet und die Erscheinungen, insbesondere der Einfluß der variierten Parameter, erklärt werden (Ergebnisse im Protokollheft notieren!).

Literatur

1. F. A. Jenkins, H. E. White: **Fundamentals of Optics**
McGraw Hill, Tokyo 1957
(Chapter 9)
2. K. Mütze et al. (Hrsg.): **ABC der Optik**
Verlag W. Dausien, Hanau / Main 1972
(Stichwort: Abbildungsfehler)
3. Bergmann Schaefer: **Optik**
Verlag de Gruyter, Berlin 1993
4. E. Hecht: **Optik**
Verlag Addison- Wessley, Bonn; München 1989