

O 6 Beleuchtungssysteme

1 Aufgabenstellung

- 1.1 Ein Beleuchtungssystem für Projektionszwecke und zur gleichmäßigen Flächenausleuchtung ist zu berechnen, einschließlich des Strahlengangs maßstabsgerecht darzustellen, aufzubauen, zu vermessen und mit der Berechnung zu vergleichen.
- 1.2 Mit Hilfe einer thermischen Lichtquelle ist ein „paralleles“ Strahlenbündel von $d' = 15$ mm Durchmesser zu erzeugen. Das Beleuchtungssystem ist zu berechnen, maßstabsgerecht darzustellen und aufzubauen, die Länge z' des Parallelbereichs ist experimentell zu bestimmen und mit dem berechneten Wert zu vergleichen.
- 1.3 Ein optisches System zur Erzeugung eines parallelen Laserlichtbündels von 40 mm Durchmesser (Laser-Aufweitungssystem) ist zu entwerfen.
- 1.4 Ein System zur gleichmäßigen Ausleuchtung mikroskopischer Objekte bei gleichzeitig vollständiger Ausleuchtung der Apertur des Abbildungsobjektivs (Köhlersches Beleuchtungssystem) ist zu dimensionieren, einschließlich des Strahlengangs maßstabsgerecht darzustellen, aufzubauen und zu überprüfen (getrennte Veränderung der ausgeleuchteten Fläche und der Helligkeit).

2 Literatur

- 2.1 Recknagel, A. Physik Band 4: Optik
Verlag Technik Berlin
7. Auflage 1977, S. 14 - 15, 66 - 70
- 2.2 Pohl, R. W. Optik und Atomphysik
Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York
13. Auflage 1976, S. 28 - 31, 43 - 46
- 2.3 Demtröder, W. Experimentalphysik 2 - Elektrizität und Optik
Springer-Verlag Berlin, Heidelberg
1. Auflage 1995, S. 329 - 330

3 Hinweise zum Versuch

- 3.1 Für Projektionszwecke und zur gleichmäßigen Ausleuchtung einer Fläche oder des Eintrittsspalt eines Spektrographen wird ein Strahlengang nach Bild 1 verwendet, bei dem ein (für Projektionszwecke zweilinsiger) Kondensator K_1 ($f = 50$ mm), K_2 ($f = 200$ mm) die Lichtquelle LQ in die Eintrittspupille EP des Objektivs O ($f = 150$ mm) abbildet. Das Objektiv bildet das in der Kondensorebene befindliche Diapositiv bzw. die Gesichts- oder Leuchtfeldblende GB auf die Projektions- bzw. auszuleuchtende Fläche ab.

Ausgehend von den Brennweiten der Linsen sowie den Durchmessern der wirksamen Öffnung von K_2 und der leuchtenden Lampenfläche sind folgende Größen zu berechnen:

- Abstand s' der Projektions- bzw. auszuleuchtenden Fläche vom Objektiv
- Durchmesser D der ausgeleuchteten Fläche
- Mindestdurchmesser d' des Objektivs.

Die Aufbauten dieses und aller weiteren Beleuchtungssysteme sind dem Assistenten vorzuweisen! Die Beleuchtungsbedingungen sind zu überprüfen, die relevanten Abmessungen zu registrieren und mit den berechneten Werten zu vergleichen; Abweichungen sind zu diskutieren.

- 3.2 Mit Hilfe thermischer Lichtquellen kann **kein paralleles Licht** erzeugt werden. Möglich ist die Erzeugung eines Lichtbündels, dessen **Randstrahlen** eine gewisse Distanz z' annähernd parallel verlaufen (siehe Bild 2). z' sowie die Abstände x' und a nach Bild 2 sind aus dem Durchmesser d der leuchtenden Lampenfläche, dem der wirksamen Öffnung der Kondensorlinse und deren Brennweite $f = 100$ mm zu berechnen.

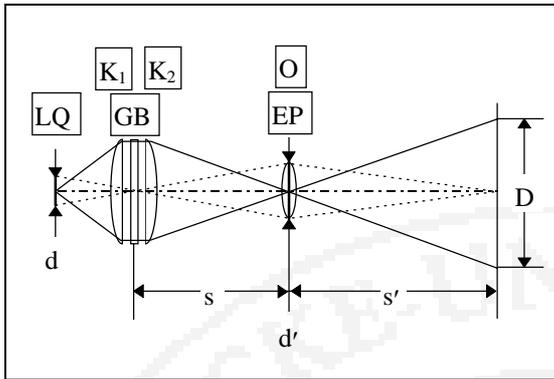


Bild 1: Projektion bzw. gleichmäßige Ausleuchtung einer Fläche

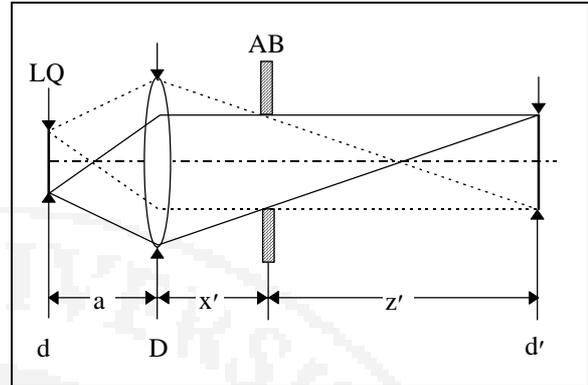


Bild 2: Erzeugung „parallelen“ Lichtes

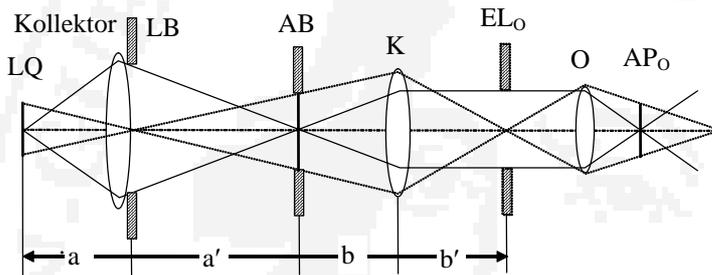


Bild 3: Köhlersches Beleuchtungsprinzip

LQ	Lichtquelle
K	Kondensator
O	Objektiv
AB	Aperturblende
EP	Eintrittspupille
AP	Austrittspupille
GB	Gesichtsfeldblende
LB	Leuchtfeldblende
EL	Eintrittsluke

- 3.3 Zur Ausleuchtung größerer Objekte mit einem **parallelen Laserstrahlenbündel** muss der Strahl aufgeweitet werden. Dazu werden teleskopische Systeme nach Art umgekehrter Kepler- oder Galilei-Fernrohre benutzt. Der Strahlenverlauf in einem Aufweitungssystem ist zu skizzieren, das Verhältnis der Brennweiten der Aus- und Eintrittsoptik ist für einen Laserstrahl-Durchmesser von 0,8 mm zu berechnen.
- 3.4 Das **Köhlersche Beleuchtungssystem** (siehe Bild 3) dient der Mikroskop-Beleuchtung, wobei das von einem Punkt der Glühwendel ausgehende Strahlenbündel das Objekt parallel durchsetzen soll. Dies übernimmt der Kondensator K ($f = 50 \text{ mm}$), der die Aperturblende AB (Irisblende) ins Unendliche abbildet. Sie wird vom Kollektor ($f = 50 \text{ mm}$) ausgeleuchtet, der die Lichtquelle LQ vergrößert in AB abbildet. Möglichst nahe am Kollektor befindet sich die Leuchtfeldblende LB, die vom Kondensator in die gleichmäßig auszuleuchtende Objektebene EL_O (im Versuch auf einen Schirm) abgebildet wird.

Zur Berechnung des Beleuchtungssystems werde ein Mikroskopobjektiv der Vergrößerung $m = 10$ und der numerischen Apertur $A = 0,25$ angenommen. Zu berechnen sind in der genannten Reihenfolge:

- Brennweite des Objektivs $f_O = t/m$ ($t = 160 \text{ mm}$ optische Tubuslänge)
- Durchmesser der Austrittspupille $d_{AP} = 2 \cdot f_O \cdot A$ und der Aperturblende d_{AB}
- Abstände a, a', b, b' (siehe Bild 3).

Der Durchmesser d_{AB} der Aperturblende muss **vor dem Aufbau** des Systems berechnet und eingestellt werden. Der Aufbau erfolgt in 3 Etappen:

1. Abbildung von LQ auf Größe von AB mittels Kollektor
2. Einsetzen von AB und Abbildung ins Unendliche mittels Kondensator
3. Einsetzen der Leuchtfeldblende hinter den Kollektor und Verschiebung des Schirms, bis deren Bild scharf erscheint.

4 Zugeordnete Themenkomplexe

Optische Instrumente: Mikroskop, Fernrohr, Diaprojektor, Lichtstärke optischer Instrumente
 Blenden im Strahlengang: Apertur-, Gesichtsfeldblende, Ein- und Austrittspupille, Ein- und Austrittsluke
 Köhlersches Beleuchtungsprinzip