

# Physikalisches Praktikum

## Versuch 3.4 Photometrische Messungen

### 1. LITERATUR:

siehe Literaturliste zum Physiklabor

### 2. GERÄTE:

Kugelphotometer nach Ulbricht mit Selenphotoelement  
Fettfleckphotometer  
Normallampe  
zu vermessende Lampen

### 3. GRUNDLAGEN:

#### 3.1 Definitionen:

Da das menschliche Auge für Licht verschiedener Wellenlänge unterschiedlich empfindlich ist, kann man von der von einer Lichtquelle pro Zeiteinheit abgestrahlten Energie nicht ohne weiteres auf ihre Helligkeit schließen. Um Photometrie, also Lichtmeßtechnik, betreiben zu können, führt man daher eine eigene physikalische Grundgröße ein, die Lichtstärke  $I$  einer Lichtquelle mit der Einheit Candela (cd). Festlegung der Einheit für die Lichtstärke:

Eine Strahlungsquelle, die monochromatische Strahlung der Frequenz  $540 \cdot 10^{12}$  Hz aussendet, hat in einer bestimmten Richtung die Lichtstärke 1 cd, wenn ihre Strahlstärke in diese Richtung

$$\frac{1}{683} \cdot \frac{W}{\text{sr}} \quad \text{beträgt.}$$

Für die Lichtmeßtechnik ist die Einführung weiterer abgeleiteter Größen sinnvoll:

#### Lichtstrom $\Phi$ :

Eine Lichtquelle der Lichtstärke  $I$  strahlt in den Raumwinkel  $\Omega$  den Lichtstrom  $\Phi = I \cdot \Omega$  ein.

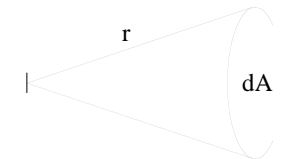
Für den Raumwinkel gilt (vgl. Bild):

$$\Omega = \frac{dA}{r^2}$$

mit:  $dA$  : Oberfläche eines Kugelabschnitts  
 $r$  : Radius der Kugel

Die Einheit des Lichtstroms ist  $1 \cdot \text{cd} \cdot \text{sr} = 1 \cdot \text{lm}$  (Lumen),

die des Raumwinkels  $1 \cdot \text{sr}$  (Steradian)



Es ist zu beachten, daß der von einer Lichtquelle ausgehende Lichtstrom im allgemeinen richtungsabhängig ist. Bei allseitig symmetrischer Ausstrahlung hat eine Lichtquelle den Gesamtlichtstrom

$$\Phi = I \cdot 4 \cdot \pi.$$

#### Beleuchtungsstärke $E$ :

Auf einer Empfängerfläche der Größe  $A$  erzeugt ein dort auftreffender Lichtstrom  $\Phi$  die Beleuchtungsstärke

$$E = \frac{\Phi}{A}.$$

Die Einheit der Beleuchtungsstärke ist  $\frac{1 \cdot \text{lm}}{\text{m}^2} = 1 \cdot \text{lx}$  (Lux).

Wegen  $\Phi = I \cdot \Omega$  und  $\Omega \approx \frac{A}{r^2}$ ,

mit  $r$ : Abstand der Lichtquelle von der Empfängerfläche, erhält man die wichtige

Beziehung: 
$$E = \frac{I}{r^2}$$

### 3.2. Photometrische Messungen

Photometrische Messungen beruhen auf einem Vergleich von Beleuchtungsstärken. Man spricht von einem "subjektiven Vergleich", wenn die Beleuchtungsstärken mit dem menschlichen Auge verglichen werden. Bei der "objektiven Messung" von Beleuchtungsstärken werden i.a. elektrische Meßverfahren (Photoelement, etc.) eingesetzt.

#### 3.2.1 Subjektiver Vergleich

Erzeugen 2 Lichtquellen unter dem gleichen Einfallswinkel auf der gleichen Empfängerfläche gleiche Beleuchtungsstärken, dann verhalten sich ihre Lichtstärken wie die Quadrate ihrer Abstände von der Empfängerfläche. Ist die eine Lichtquelle eine in Candela geeichte Normallampe, so kann man durch Vergleich die unbekannte Lichtstärke einer Lichtquelle bestimmen.

#### Messung mit dem Fettfleckphotometer:

Die Empfängerfläche besteht aus weißem Papier mit einem Fettfleck, der von der einen Seite mit dem Licht einer Normallampe und von der anderen Seite mit dem Licht der zu messenden Lichtquelle bestrahlt wird. Wenn die Beleuchtungsstärken auf beiden Empfängerseiten gleich sind, so verschwindet der Fettfleck gegen den Untergrund. Der subjektive Vergleich wird schwierig, wenn die beiden Lichtquellen unterschiedliche Farbe haben.

#### 3.2.2 Objektive Messung

Messung der Beleuchtungsstärke auf einem geeichten Empfänger, dessen spektrale Empfindlichkeit dem des menschlichen Auges möglichst gut angepaßt ist, z.B. einem speziellen Selenphotoelement.

Den Gesamtlichtstrom einer Lichtquelle mißt man mit dem Ulbrichtschen Kugelphotometer, einer innen mattweißen Hohlkugel. Sie besitzt eine Öffnung zum Einführen einer Normallampe mit bekanntem Gesamtlichtstrom oder einer Lampe, deren Lichtstrom gemessen werden soll. In einer zweiten Öffnung befindet sich eine vor der direkten Strahlung der Lampe abgeschirmte Milchglasscheibe.

Ihre Beleuchtungsstärke ist dem Gesamtlichtstrom proportional und wird mit einem Selenphotoelement gemessen.

### 4. VERSUCH:

1. Bestimmung des Gesamtlichtstromes  $\Phi_{\text{ges}}$  von 3 Glühlampen.

Bestimmung ihres optischen Wirkungsgrades  $\eta = \frac{\Phi_{\text{ges}}}{P_{\text{el}}}$

( $P_{\text{el}}$  : el. Lampenleistung).

Berechnung der mittleren Lichtstärke  $I = \frac{\Phi_{\text{ges}}}{4 \cdot \pi}$ .

Das an das Photoelement an der Ulbrichtschen Kugel angeschlossene Galvanometer wird mit Hilfe der Normallampe für den Gesamtlichtstrom in Lumen kalibriert. Dazu wird die Irisblende vor dem Photoelement so eingestellt, daß ein Skalenteil einem runden Wert des Lichtstromes entspricht. Beispiel: Wenn laut Prüfschein die Normallampe 178 lm liefert, stellt man die Irisblende so ein, daß das Galvanometer 178 : 4 = 44,5 Skt anzeigt. Es gilt dann 1 Skt = 4 lm.

2. Für eine der Glühlampen 40 W oder 25 W bestimme man den Gesamtlichtstrom in Abhängigkeit von der elektrischen Leistung für mindestens 10 Meßpunkte. Mit Hilfe eines geeigneten Funktionspapiers prüfe man, ob sich ein Zusammenhang der Form  $\Phi_{\text{ges}} = C \cdot (P_{\text{el}})^n$  ergibt.
3. Bestimmung der Lichtstärke der 3 Glühlampen senkrecht zu ihrer Symmetrieachse mit Hilfe des Fettfleckphotometers und der Normallampe für die Lichtstärke. Der Abstand Normallampe - Glühlampe wird fest eingestellt und das Photometer bis zum Verschwinden des Fettflecks verschoben. Die Messung ist mehrmals zu wiederholen!  
Man vergleiche die so bestimmte Lichtstärke mit der mittleren Lichtstärke aus Aufgabe 1!

**! NICHT AUF OPTISCHE OBERFLÄCHEN FASSEN !**  
(LINSEN, PRISMEN, SPIEGEL, ETC)