

### Goniophotometer (LVK-Messung)

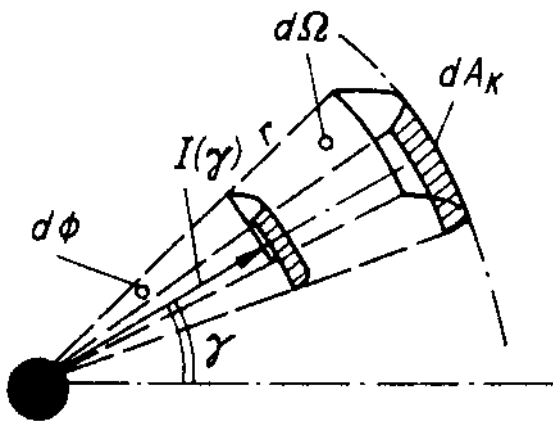
#### 1 Ziel des Praktikumsversuches

Kennenlernen eines Messaufbaus zur Bestimmung von Lichtstärkeverteilungskurven innerhalb der photometrischen Grenzentfernung mittels ortsauflösender Kameramess-technik und die Aufnahme der LVK an einer vormontierten Leuchte.

#### 2 Grundlagen

Definition der Lichtstärke:

Der Quotient aus Lichtstrom und Raumwinkel wird als Lichtstärke I bezeichnet:

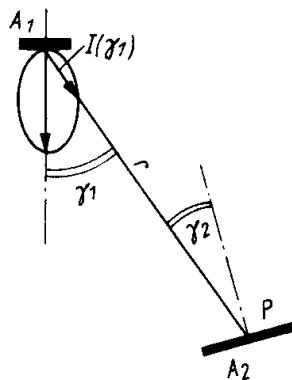


$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega_1} \quad (1)$$

Bild 1: Lichtstärkedefinition

Die Einheit der Lichtstärke ist Candela (cd). Da die meisten Lichtquellen das Licht in verschiedene Richtungen unterschiedlich stark abstrahlen, muss zur vollständigen Charakterisierung des Lichtfeldes die Lichtstärke in alle Richtungen erfasst werden.

Die Bestimmung der Lichtstärkeverteilung einer Leuchte geschieht konventionell über die Messung der Beleuchtungsstärke unter Ausnutzung des photometrischen Entfernungsgesetzes (Bild 2):



$$E = \frac{I(\gamma_1) * \cos \gamma_2 * \Omega_0}{r^2} \quad (2)$$

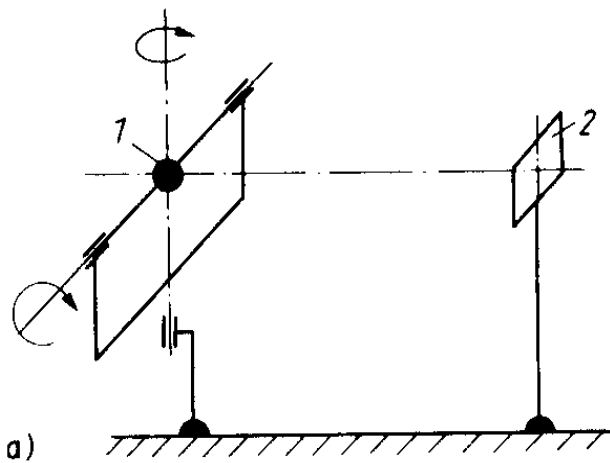
Bild 2: Angaben zum photometrischen Entfernungsgesetz

Der Geltungsbereich des photometrischen Entfernungsgesetzes beschränkt sich jedoch auf quasi punktförmig strahlende Lampen oder Leuchten. Durch eine reale Ausdehnung von Leuchte und Photometerkopf ergibt sich in Abhängigkeit von der Lichtverteilung und dem zugelassenen Fehler eine Mindestentfernung zwischen Leuchte und Messkopf, die sogenannte photometrische Grenzentfernung.

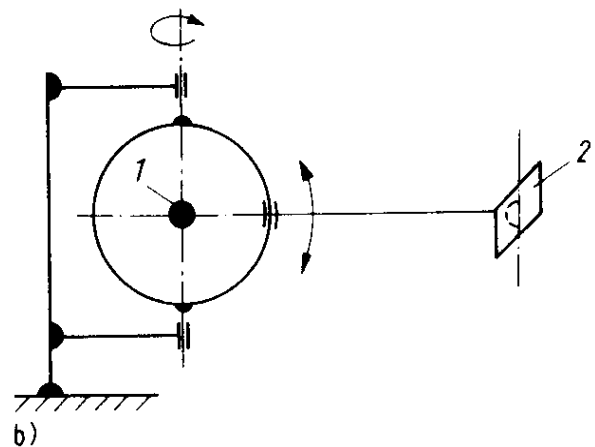
Sie kann bestimmt werden, indem man die Beleuchtungsstärke als Funktion des Abstandes misst und jeweils die Lichtstärke berechnet. Die photometrische Grenzentfernung ist dann erreicht, wenn sich die Lichtstärke um nicht mehr als die zugelassene Abweichung vom Endwert unterscheidet.

Die Praxisformel: "Messentfernung = 10 x größte Leuchtenabmessung für Messfehler < 0.25%" stammt aus der Berechnung für einen Lambertstrahler ( $I(\gamma) = I_0 \cdot \cos\gamma$ ) und ist demzufolge nur für Lambertstrahler exakt gültig. Die Grenzentfernung sollte umso größer sein, je größer die Änderung der Lichtstärke bei einer Leuchte ist (z.B. für Scheinwerfer). In der DIN EN 13032 Teil 1 wird eine Messentfernung von mindestens dem 5-fachen der größten Ausdehnung der leuchtenden Fläche gefordert.

Zur Aufnahme der LVK unter Ausnutzung obiger Messprinzipien verwendet man u.a. folgende Goniophotometertypen:



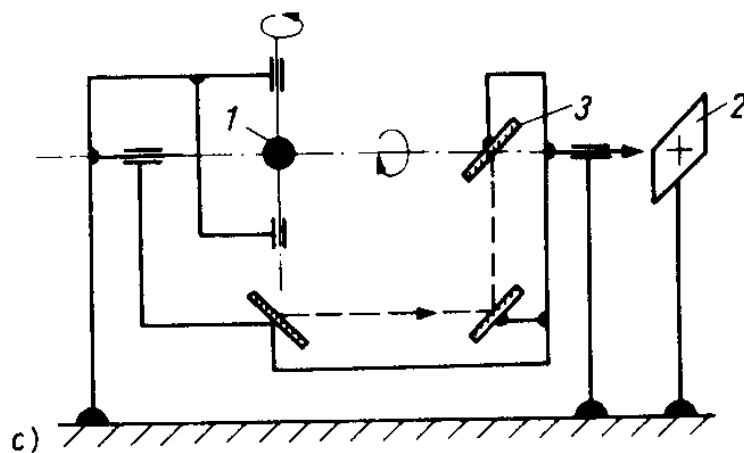
a)



b)

Bild 3: Fester Messkopf und drehbare Leuchte  
(nur bedingt anwendbar)

Bild 4: Feste Leuchte und drehbarer Messkopf



c)

Bild 5: Um die Vertikalachse drehbare Leuchte und fester Messkopf unter Anwendung eines Drehspiegelsystems

Legende: 1 ... Leuchte, 2 ... Empfänger, 3 ... Spiegel

### 3 Leuchtenvermessung mittels bildauflösender Messtechnik

Bei dem von der TU Ilmenau und der Firma TechnoTeam entwickelten Gerät handelt es sich um eine Messanlage, die in der Lage ist, Lichtstärkeverteilungen weit innerhalb der photometrischen Grenzentfernung zu messen (Nahfeldgoniophotometer).

Das Prinzip der neuartigen Messanlage beruht darauf, dass die Leuchte mittels einer CCD-Messkamera in einzelne leuchtende Elemente zerlegt wird.

Während der Messung wird die Kamera durch die Bewegung der beiden Achsen  $\varphi$  und  $\vartheta$  auf einer Kugeloberfläche um das Messobjekt herum bewegt und in sehr vielen verschiedenen Positionen Leuchtdichteaufnahmen des Messobjekts gemacht. Der Blick der Kamera ist dabei stets zum virtuellen Schnittpunkt der beiden Goniometerdrehachsen gerichtet. Aus den Leuchtdichteaufnahmen werden sofort Strahlendaten generiert, die in Abhängigkeit von der Position der Kamera und dem Ort des Pixels auf der Kameramatrix bestimmten Ausstrahlungsrichtungen zugeordnet werden können.

Die Lichtstärkeverteilung kann unmittelbar aus den erzeugten Strahlendaten errechnet werden. Dazu werden die Amplituden der Strahlen in jede Richtung summiert und das Ergebnis auf konstante Raumwinkel je Richtung normiert.

Direkt neben der Kamera ist ein  $V(\lambda)$ -angepasstes Fotoelement angebracht, welches die Absolutwertanbindung der Kamera über den Lichtstrom vornimmt und auch für kleine Leuchten zur Messung der Lichtstärke eingesetzt werden kann.

Die Leuchte bleibt während der Messung in Ruhe.

### 4 Mechanischer Aufbau des Goniophotometers

Das Gerät besteht aus zwei kardanisch gelagerten Rahmen, die eine Vermessung von Leuchten bis zu einer maximalen Diagonale von ca. 1.8m gestatten. Es ist mit einer Aufhängevorrichtung für die zu vermessenden Leuchten versehen, über die auch die elektrische Versorgung der Lampen erfolgt. Bei Leuchten mit Abstrahlungsanteilen in den oberen Halbraum muss ein fehlender Messanteil in Kauf genommen werden, da die Messkamera die Position, an der sich die Aufhängevorrichtung befindet, nicht anfahren kann.



Bild 6: Bildauflösendes Goniophotometer

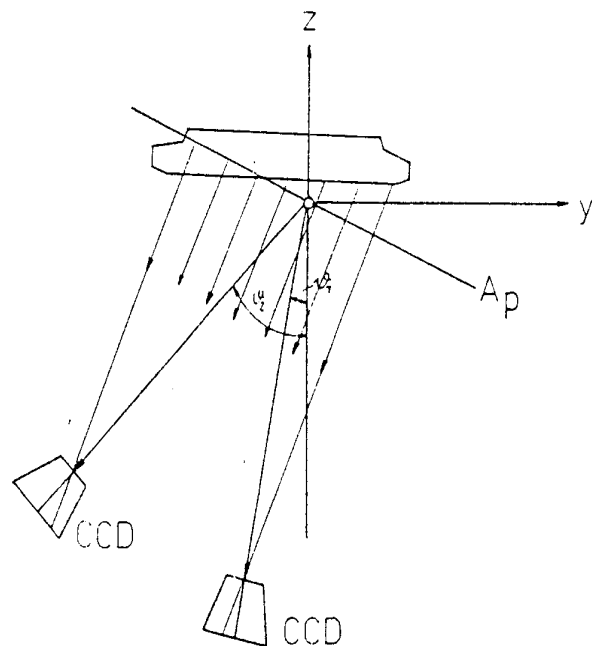


Bild 7: Prinzip der Leuchtenvermessung

## 5 Durchführung und Auswertung

1. Einweisung in die Messanlage und die Steuerungssoftware durch den Betreuer!
2. Messen Sie die LVK der vorgegebenen Leuchte mit Hilfe der CCD-Kamera und diskutieren Sie die Ergebnisse mit dem Betreuer.
3. Messen Sie mit dem Photoelement die Beleuchtungsstärke in der C0/C180 und der C90/C270 Ebene und berechnen Sie daraus die entsprechenden Lichtstärken. Verwenden Sie hierzu das vorbereitete Excel-Formular. Die Positionierung des Photoelements erfolgt durch die Goniometersteuerung und die Erfassung der Messwerte über das Photometermessfenster. Beachten Sie dabei eine geeignete Auswahl des Messbereiches.
4. Vergleichen Sie die Messwerte zwischen CCD-Messung und Photometermessung (Berechnen Sie die prozentuale Abweichung der Photometermessung von den CCD-Messdaten und stellen Sie diese grafisch dar.) und erklären Sie die Unterschiede. Gehen Sie dabei besonders auf die Abweichungen in den Randbereichen ein.
5. Geben Sie in der Fehlerbetrachtung einen Überblick über die möglichen Messfehler.

## 6 Vorbereitungsaufgaben

1. Beschreiben Sie 2 Möglichkeiten zur Messung des Lichtstromes.
2. Nennen Sie Anwendungsmöglichkeiten für die LVK.
3. Warum werden die Lichtstärken auf einen Lampenlichtstrom von 1000 lm bezogen?
4. Wie ist der Leuchtenbetriebswirkungsgrad definiert?
5. Geben Sie die Lichtausbeute folgender Lampen an: Glühlampe, Halogenglühlampe, Kompaktleuchtstofflampe, T5 Leuchtstofflampe, LED, Halogenmetaldampflampe.
6. Skizzieren Sie den Verlauf des Lichtstromes einer Leuchtstofflampe in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur.
7. Was passiert mit dem Lichtstrom einer Leuchtstofflampe, wenn diese senkrecht aufgehängt wird?
8. Erklären Sie den Beleuchtungswirkungsgrad und dessen praktische Bedeutung für die Lichtplanung.

## 7 Literaturempfehlungen

1. Roland Baer: Grundlagen der Beleuchtungstechnik. Verlag Technik
2. Manfred Riemann, Franz Schmidt, Ralf Poschmann: Zur Bestimmung der Lichtstärkeverteilung von Leuchten innerhalb der fotometrischen Grenzentfernung mittels eines bildauflösenden Goniofotometers, Licht 7-8 /1993
3. Manfred Riemann, Franz Schmidt, Ingo Fischbach: Zur Leistungsfähigkeit der Messung von Lichtstärkeverteilungskurven mittels bildauflösender Fotometrie, Licht 7-8/1993
4. Bert Junghans, Ingo Fischbach: Leuchtenvermessung mittels bildauflösender Messtechnik, Lux Junior 95, Tagungsband S. 48-51
5. Reiner Rattunde: Über die Messgenauigkeit bei der Photometrie von Lampen. Licht 94 Interlaken, Tagungsband S. 496-507
6. Bredemeier, Knut; Poschmann, Ralf; Schmidt, Franz; Nolte, Rainer: 10 Jahre Nahfeldgoniophotometer – Grenzen und Möglichkeiten, Licht 2004 Dortmund, Tagungsband S. 752-767
7. DIN EN 13032 Teil 1 und 2: Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten