

Praktikum
Scheinwerfer

1 Ziel des Praktikumsversuches

Im Versuch sollen die lichttechnischen Kenngrößen von Bühnenscheinwerfern kennen gelernt werden.

2 Grundlagen

Scheinwerfer sind Leuchten, die den von einer Lichtquelle ausgestrahlten Lichtstrom mit optischen Mittel so bündeln, dass in einem begrenzten Raumwinkel wesentlich höhere Lichtstärken als durch die Lichtquelle allein erzeugt werden. Art und Güte des Scheinwerfers werden durch die optischen Mittel wie Linsen, Spiegel, Reflektoren, Streuer, Farbfilter, Abschlusscheiben und Blenden bestimmt.

Scheinwerfer dienen dazu, Lichtzeichen zu geben oder Objekte zu beleuchten. Nach ihrem Verwendungszweck werden sie in **Signalscheinwerfer** und **Beleuchtungsscheinwerfer** eingeteilt.

Die **optische Grenzentfernung** von Scheinwerfern ist erheblich größer als bei herkömmlichen Leuchten. Es ist daher notwendig, die Beleuchtungsstärke in verschiedenen Abständen vom Scheinwerfer zu messen. Strebt das Produkt $E \cdot r^2$ mit wachsendem r stetig einem konstanten Wert zu, so ist diese Konstante die Lichtstärke I des Scheinwerfers.

$$(1) \quad E \cdot r^2 = \text{const} \quad (\text{für } r \rightarrow \infty) = I$$

Die **Lichtstärkeverteilung** des Scheinwerfers gibt die Abhängigkeit der Lichtstärke von der Ausstrahlungsrichtung an.

Bei der **Leuchtdichteverteilung** ist zu unterscheiden zwischen der Verteilung der Leuchtdichte auf der Scheinwerferabschlussfläche und der Verteilung der Leuchtdichte in Abhängigkeit von der Ausstrahlungsrichtung.

Die **Beleuchtungsstärkeverteilung** gibt die Ortsabhängigkeit der von einem Scheinwerfer erzeugten Beleuchtungsstärke auf einer Fläche an. Im allgemeinen wird die Beleuchtungsstärkeverteilung auf Ebenen, die senkrecht zur Bezugsachse des Scheinwerfers orientiert sind, in einem kartesischen Koordinatensystem angegeben. Bei Rotationssymmetrie der Verteilung genügt die Angabe der Beleuchtungsstärkeverteilung auf einer Geraden.

Der **ebene Streuwinkel** wird von zwei Ausstrahlungsrichtungen einer ausgewählten Lichtstärke eingeschlossen. Der **räumliche Streuwinkel** wird von allen zugehörigen ebenen Streuwinkeln gebildet. Es ist üblich, die Bündelung durch **Halbstreuwinkel** oder **Zehntelstreuwinkel** zu kennzeichnen. An den Grenzen dieser Winkel beträgt die Lichtstärke die

Hälfte oder ein Zehntel der Bezugslichtstärke. Die Streuwinkel gelten sinngemäß auch für die Leuchtdichte oder die Beleuchtungsstärke. Die ist derjenige Abschnitt auf einer Geraden in der Messebene, innerhalb dessen eine ausgewählte Beleuchtungsstärke nicht unterschritten wird. Der **Streubereich** ist derjenige Flächenbereich in der Messebene, der durch alle zugehörigen Streubreiten gebildet wird. Analog zum Halb- und Zehntelstreuwinkel kann die Bündelung durch die **Halb-** oder **Zehntelstreubreite** sowie durch **Halb-** oder **Zehntelstreubereich** gekennzeichnet werden.

Mit dem Halbstreuwinkel werden hauptsächlich Scheinwerfer für Bühne, Film und Fernsehen gekennzeichnet, mit dem Zehntelstreuwinkel dagegen Scheinwerfer für Industrieanlagen, Sportstätten sowie für die Anstrahlung von Gebäuden. Der Halbstreuwinkel dient als Bezugsgröße zur verbalen Beschreibung der **Bündelung** nach der folgenden Tabelle.

Bündelung	Halbstreuwinkel σ	
	Strahler und Reflektorlampe	Flutlichtscheinwerfer
Engbündelnd	$\sigma < 10^\circ$	$\sigma < 5^\circ$
Bündelnd	$10^\circ \leq \sigma < 35^\circ$	$5^\circ \leq \sigma < 15^\circ$
Streuend	-	$15^\circ \leq \sigma < 35^\circ$
Breitstrahlend	$\sigma \geq 35^\circ$	$\sigma \geq 35^\circ$

Der **Lichtbündel-Grenzwinkel** ist die visuell empfundene Grenze des auf eine weiße, diffus reflektierende Wand projizierten Lichtbündels. In DIN 5040-4 ist die messtechnische Bestimmung über Beleuchtungsstärkegradienten beschrieben.

Der **ebene** oder **räumliche Nutzstreuwinkel** ist derjenige ebene oder räumliche Streuwinkel, der durch die für einen vorgesehenen Verwendungszweck erforderliche ausgewählte Lichtstärke, Leuchtdichte oder Beleuchtungsstärke bestimmt ist. Die **Nutzstreubreite** oder der **Nutzstreubereich** ist die Streubreite bzw. der Streubereich, der durch die für einen vorgesehenen Anwendungszweck erforderliche ausgewählte Beleuchtungsstärke bestimmt ist.

Der **Gesamtlichtstrom** Φ_{Ges} des Scheinwerfers kann in den Nutzlichtstrom Φ_{Nu} und den Nebenlichtstrom Φ_{Ne} aufgeteilt werden.

$$(2) \quad \Phi_{\text{Ges}} = \Phi_{\text{Nu}} + \Phi_{\text{Ne}}$$

Der **Nutzlichtstrom** Φ_{Nu} ist der Teil des Lichtstromes, der vom Scheinwerfer in den räumlichen Nutzstreuwinkel oder in den Nutzstreubereich gestrahlt wird. Der Nebenlichtstrom Φ_{Ne} ist der außerhalb des räumlichen Nutzstreuwinkels oder außerhalb des Nutzstreubereiches ausgestrahlte Lichtstrom.

Der **Leuchtenbetriebswirkungsgrad** η_{LB} ist das Verhältnis aus dem Gesamtlichtstrom des Scheinwerfers Φ_{Ges} und dem Gesamtlichtstrom $\Sigma \Phi_{\text{La}}$ der Lichtquellen.

$$(3) \quad \eta_{\text{LB}} = \frac{\Phi_{\text{Ges}}}{\sum \Phi_{\text{La}}}$$

Der **Nutzungsgrad** η_{Nu} ist das Verhältnis aus dem Nutzlichtstrom Φ_{Nu} und dem Gesamtlichtstrom Φ_{Ges} des Scheinwerfers.

$$(4) \quad \eta_{Nu} = \frac{\Phi_{Nu}}{\Phi_{Ges}}$$

Der **Nutzwirkungsgrad** η_N ist das Verhältnis aus dem Nutzlichtstrom Φ_{Nu} und dem Gesamtlichtstrom $\sum \Phi_{La}$ der Lichtquellen.

$$(5) \quad \eta_N = \frac{\Phi_{Nu}}{\sum \Phi_{La}}$$

Zwischen den drei Größen besteht die Beziehung

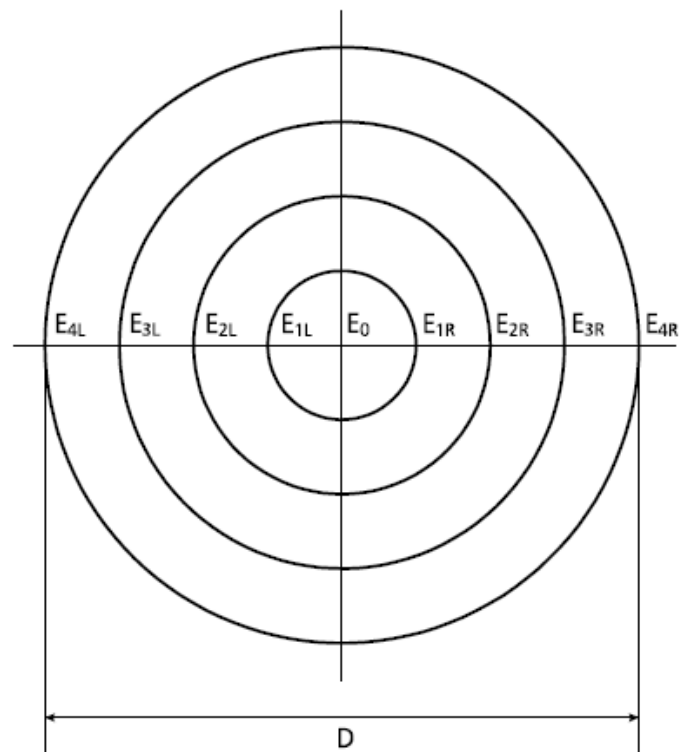
$$(6) \quad \eta_N = \eta_{LB} \cdot \eta_{Nu}$$

3 Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

1.1 Messung des Nutzlichtstroms

Die Messung des Scheinwerfers erfolgt nach DIN 5037 Beiblatt 1 (Scheinwerfer für Film, Fernsehen und Bühne). Der Scheinwerfer ist so aufzustellen, dass seine optische Achse senkrecht auf die Messebene auftrifft. Vor dem Durchführen der Messungen soll die Einbrenndauer der Lampe etwa 10 min betragen.

Zuerst wird in Höhe des Mittelpunktes die Stelle ermittelt, an der E_{max} auf 10 % abgesunken ist. Durch den Abstand dieses Punktes ist der Durchmesser D definiert. Die sich daraus ergebenden Messpunkte sind im Bild ersichtlich (der rechte und der linke Messwert sind zu mitteln). Der Nutzlichtstrom des Scheinwerfers mit weich verlaufendem Rand ergibt sich dann nach folgender Gleichung:



$$(7) \quad \Phi_N = \frac{1}{32} A_{max} (E_0 + 4 \cdot E_1 + 8 \cdot E_2 + 12 \cdot E_3 + 7 \cdot E_4) \quad \text{mit} \quad A_{max} = \frac{\Pi}{4} D^2$$

4 Vorbereitungsaufgaben

1. Machen Sie sich mit den verschiedenen Streuwinkeln und Streubreiten, die für die Scheinwerferkennzeichnung verwendet werden, vertraut.
2. Was versteht man unter Gesamtlichtstrom, Nutzlichtstrom und Nebenlichtstrom eines Scheinwerfers?

5 Messaufgaben

Zur Messung steht eine Scheinwerfer zur Verfügung, dessen Abstrahlcharakteristik durch Änderung der Lampenposition zwischen „spot“ und „flood“ variierbar ist. Alle Messaufgaben sind für beide Einstellungen vorzunehmen.

1. Legen Sie die optische Grenzentfernung für den Scheinwerfer fest. Messen Sie dazu die Beleuchtungsstärke in verschiedenen Abständen vom Scheinwerfer und stellen Sie diese grafisch dar.
2. Bestimmen Sie die Lichtstärkeverteilung (in 1°-Schritten) des Scheinwerfers, indem Sie die in 1. ermittelte Grenzentfernung einhalten. Stellen Sie die Verteilung in Polarkoordinaten dar. Bestimmen Sie aus den Messergebnissen den Halbstreuwinkel und den Zehntelstreuwinkel.
3. Bestimmen Sie den Nutzlichtstrom des Scheinwerfers, indem Sie das oben beschriebene Messverfahren nach DIN 5037, Beiblatt 1 anwenden. Berechnen Sie den Nutzwirkungsgrad des Scheinwerfers, den Leuchtenwirkungsgrad und den Nutzungsgrad. (Messabstand und notwendige Lichtströme: siehe Versuchsanleitung am Messplatz)
4. Bestimmen Sie die Beleuchtungsstärkeverteilung auf der Messebene. Ermitteln Sie daraus die Halbstreubreite und die Zehntelstreubreite.

6 Literatur

DIN 5040-4 Leuchten für Beleuchtungszwecke, Teil 4: Beleuchtungsscheinwerfer

DIN 5037, Beiblatt 1: Lichttechnische Bewertung von Scheinwerfern, Vereinfachte Nutzwirkungsbewertung für Film-, Fernseh- und Bühnenscheinwerfer mit rotationssymmetrischer Lichtstärkeverteilung