

**SVETLINA Ltd – SLIVEN – STRATEGY AND APPROACH OF
THE LIGHT SOURCES MANUFACTURING UNDER THE
CONDITIONS OF THE INCREASING CONCURRENCE**

L. Kapelov, Bulgaria

**СВЕТЛИНА АД – СЛИВЕН – СТРАТЕГИЯ И ПОДХОД ПРИ
ПРОИЗВОДСТВОТО НА ИЗТОЧНИЦИ НА СВЕТЛИНА В
УСЛОВИЯТА НА ЗАСИЛВАЩА СЕ КОНКУРЕНЦИЯ**

инж. Л. Капелов

THE DESIGN OF MIRROR REFLECTOR WITH FACETED STRUCTURE

DER ENTWURF VON SPIEGELREFLEKTOR MIT FACETTENSTRUKTUR

Leyla Dokuzer Öztürk*

ZUSAMMENFASSUNG

Bei der Verwendung der Klarglaslampe entsteht unter manchen Bedingungen Lichtflecken auf der beleuchteten Fläche. Eine der Möglichkeiten zur Vermeidung dieser Lichtflecken ist die Nutzung der Klarglaslampe in einem Spiegelreflektor mit Facettenstruktur. Um homogene Beleuchtungsstärkeverteilung herzustellen, soll der Zweck bei dem Entwurf eines Facettenreflektors die Lenkung der, von jedem Reflektorteil reflektierten, Lichtstrahlen auf gleich große und gelegene Fläche sein.

1. EINFÜHRUNG

An dem Kreuzungspunkt der Lichtstrahlen, die von einem Punkt einer Lichtquelle ausgehen, kann unter manchen Bedingungen die Abbildung des Lichtquellenpunkts entstehen. Dieses Ereignis kommt auch bei der Benutzung der Lampe mit Klarglaskolben in einem Spiegelreflektor zustande. Das Bild der Lichtquelle kann unerwünschte Leuchtdichteunterschiede auf der beleuchteten Fläche verursachen. Zum Beispiel, für den Fall, daß im Brennpunkt eines Paraboloidreflektors eine Punktlichtquelle sich befindet, werden von allen Punkten des Reflektors reflektierte Lichtstrahlen parallel zur Achse gelenkt. Da parallele Lichtstrahlen sich im Unendlich kreuzen, entsteht auch das Wendelbild im Unendlich. In der Praxis ist aber die Lichtquelle immer dimensional und für jeden Lichtquellenpunkt, der sich außerhalb des Brennpunkts befindet, entsteht das Bild. Diese Bilder der verschiedenen Lichtquellenpunkten werden auf der beleuchteten Fläche als Lichtflecken wahrgenommen.

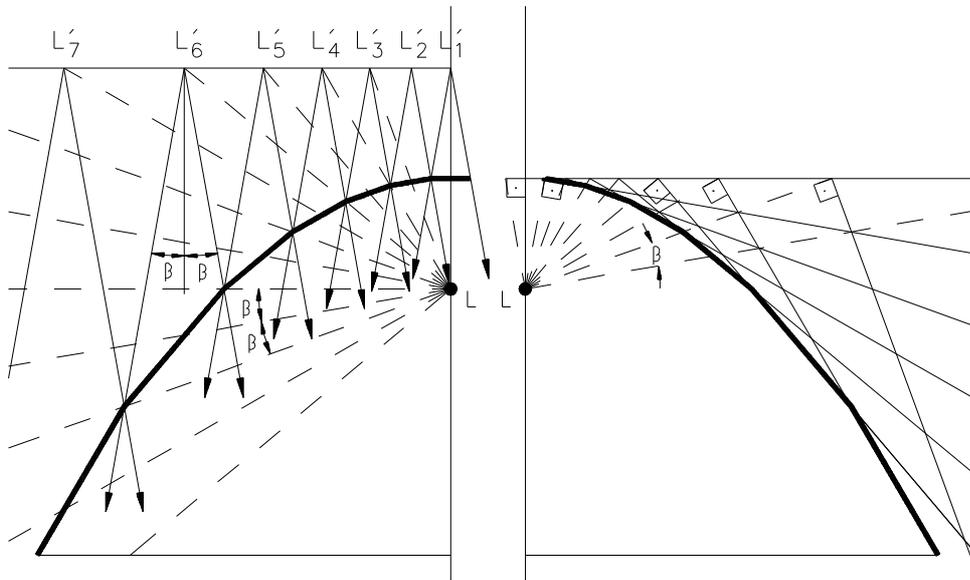
Bei dem Paraboloidreflektor kann die Entstehung des Bildes der Lichtquelle durch verschiedene Wege vermieden werden. Ein von diesen Wegen ist die Nutzung der Lampe in einem Spiegelreflektor mit Facettenstruktur. Das Ziel dieser Arbeit ist,

- eine Methode für den Entwurf des Spiegelreflektors mit Facettenstruktur bekanntzumachen und
- anhand dieser Methode, in verschiedenen Situationen die Reflektoreigenschaften für homogene Beleuchtungsstärkeverteilung zu bestimmen.

2. SPIEGELREFLEKTOR MIT FACETTENSTRUKTUR

Die, bei der Nutzung der Klarglaslampe in einem Paraboloidreflektor, entstehende Abbildung der Lichtquelle, beeinträchtigt die Homogenität der Beleuchtungsstärkeverteilung. Die Vermeidung der Entstehung der, als Lichtflecken wahrgenommene Wendelbilder, kann unter Verwendung der Klarglaslampe in einem Spiegelreflektor mit Facettenstruktur -Facettenreflektor- ermöglicht werden. Die Länge und die Neigung der Teile des Facettenreflektors, von denen die Lichtstrahlen in gleich große Winkel (2β) reflektiert werden, können für die Punktlichtquelle nach Abbildung 1a bestimmt werden. Der Facettenreflektor kann auch mit Hilfe der rechtwinkligen Linien leicht gebildet werden (Abb. 1b).

Die Form und die Größe der Wendel der Lampe bestimmt die Form und die Größe der Verbreitungsfläche der, von irgend einem Punkt des Reflektors reflektierten Lichtstrahlen. Bei der Nutzung der Punktlichtquelle dagegen werden die Form der Verbreitungsflächen, der von jedem Teil des Reflektors reflektierten Lichtstrahlen, abhängig von der Lage der Reflektorteile kreis oder ringförmig (Abb. 2). Außerdem ist die Menge des Lichtstromes, der auf die verschiedenen



(a)

(b)

Abbildung 1- Facettenreflektor, der die Lichtstrahlen in gleich große Winkel reflektiert.

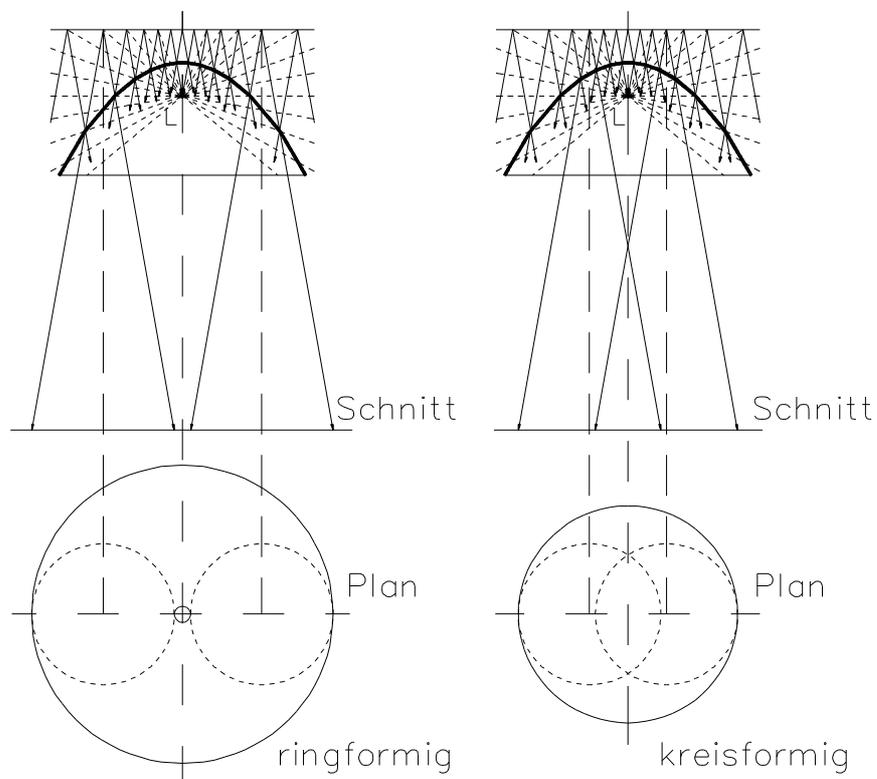


Abbildung 2- Form der Verbreitungsflächen der, vom Facettenreflektor reflektierten Lichtstrahlen.

Reflektorteile fällt, wegen dem Raumwinkel nicht gleich. Aus diesen Gründen entstehen unterschiedliche Beleuchtungsstärken auf den Verbreitungsflächen der, von verschiedenen Reflektorteilen reflektierten Lichtstrahlen. Durch die Lenkung der, von jedem Reflektorteil reflektierten Lichtstrahlen auf gleich große und gelegene Fläche ist die Herstellung der uniformen Beleuchtungsstärkeverteilung möglich. In diesem Falle werden auch, trotz der unberücksichtigten Dimension der Lichtquelle, die Beleuchtungsstärkeverteilungs-unterschiede zwischen dem Entwurfsprozeß des Reflektors und in der Praxis gering.

3. SPIEGELREFLEKTOR MIT FACETTENSTRUKTUR, DER VON JEDEM TEIL REFLEKTIERTEN LICHTSTRAHLEN AUF DIE GLEICH GROSSE FLÄCHE LENKT

Um das gesamte vom Reflektor reflektierte Lichtstrom auf die gleich große und gelegene Fläche zu lenken, soll die Länge, Neigung und der Ausbreitungswinkel des reflektierten Lichtstromes für jeden Teil des Reflektors einzeln bestimmt werden (Abb. 3). In diesem Abschnitt wird eine Methode zur Bestimmung der Länge und Neigung der einzelnen Reflektorteile eines Facettenreflektors bekanntgegeben, der das gesamte reflektierte Lichtstrom auf die gleich große und gelegene Fläche lenkt.

3.1. Eine Methode Zur Bestimmung Des Facettenreflektors

Die Durchführungsstufen der Methode für die Feststellung der Länge und Neigung der einzelnen Teile eines Facettenreflektors sind wie folgend bestimmt:

- 1) Berechnung der Länge des horizontalen Reflektorteils
- 2) Bestimmung des Anfangspunkts von dem geneigten Reflektorteil
- 3) Berechnung der Länge des geneigten Reflektorteils
- 4) Bestimmung der Neigung des geneigten Reflektorteils

Bei dem Entwurf des Facettenreflektors nach der oben ernannten Methode kann die Entfernung zwischen der Lichtquelle (L) und dem Scheitelpunkt des Reflektors beliebig festgestellt werden. Wenn man diese Entfernung vergrößert, wird die Dimension des Reflektors auch größer. Nach der Feststellung der Lage des Scheitelpunkts, können die Durchführungsstufen der Methode für die Bestimmung des Facettenreflektors der Reihe nach ausgeführt werden.

3.1.1. Berechnung Der Länge Des Horizontalen Reflektorteils

Die Hälfte der Länge des horizontalen -ersten- Reflektorteils kann wie folgt berechnet werden¹.

$$CD = (R / (2 a + h_L)) \times a \quad (1)$$

Es bedeuten (Abb. 4a):

CD: Hälfte der Länge des ersten Reflektorteils

R: Radius der beleuchteten kreisförmigen Fläche

a: Entfernung zwischen der Lichtquelle (L) und dem Scheitelpunkt (R) des Reflektors

h_L : Hängehöhe des Reflektors

3.1.2. Bestimmung Des Anfangspunkts Von Dem Geneigten Reflektorteil

Die Entfernung des Anfangspunkts (C) des n. Reflektorteils von der Reflektorachse (y) kann nach der Formel 2, die Entfernung der Projektion des Anfangspunkts (C) auf der Reflektorachse von der Lichtquelle (a) kann nach der Formel 3 ermittelt werden (Abb.4).

$$y = y_{n-1} + (\sin \alpha_{n-1} \times CD_{n-1}) \quad (2)$$

$$a = a_{n-1} - (\cos \alpha_{n-1} \times CD_{n-1}) \quad (3)$$

Dabei bedeuten; CD: Länge des Reflektorteils, α : Neigungswinkel des Reflektorteils

¹ In dieser Arbeit wurde die Öffnung der Fassung nicht berücksichtigt. Jedoch ist es möglich, eine beliebig große Fassungsöffnung zu bestimmen und zur Durchführung der Methode direkt mit der zweiten Stufe anzufangen.

3.1.3. Berechnung Der Länge Des Geneigten Reflektorteils

Die Länge des Reflektorteils (CD) kann nach folgenden Formeln berechnet werden.

- für $\delta + \beta > 90^\circ$, $CD = LE \times (\text{tg } (\beta + \varphi) + \text{tg } \gamma)$ (4)

- für $\delta + \beta < 90^\circ$, $CD = LE \times (\text{tg } (\beta + \varphi + \gamma) - \text{tg } \gamma)$ (5)

Für Formeln 4 und 5 gelten:

δ : Winkel zwischen der Gerade LC und der Linie y; $\delta = \text{tg}^{-1} (a / y)$ (6)

β : Winkel zwischen der Gerade L'C und der Reflektorachse; $\beta = \text{tg}^{-1} ((R + y) / (h_K + a))$ (7)

LE: Entfernung der Lichtquelle von dem Reflektorteil; $LE = \cos \gamma \times \sqrt{a^2 + y^2}$ (8)

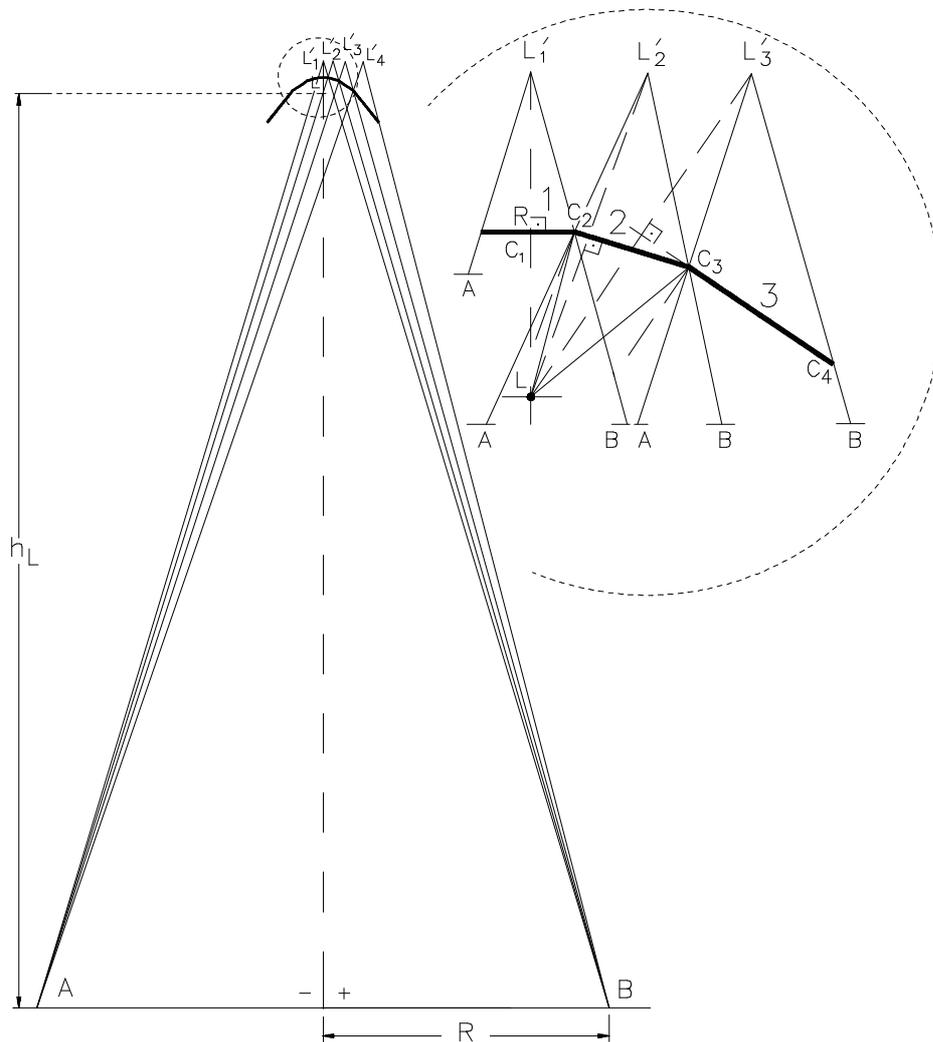


Abbildung 3- Facettenreflektor, der von jedem Teil reflektierten Lichtstrahlen auf die gleich große Fläche lenkt.

Der Winkel zwischen der Geraden LE und LC (γ) läßt sich wie folgt berechnen:

- Für $a > 0$,
 - für $\delta + \beta > 90^\circ$, $\gamma = \delta + \beta - 90^\circ$ (Abb. 4b) (9)

- für $\delta + \beta < 90^\circ$, $\gamma = (90^\circ - \delta - \beta) / 2$ (Abb. 4c) (10)

- für $a < 0$, $\gamma = (90^\circ + \delta - \beta) / 2$ (Abb. 4d) (11)

Der Winkel zwischen der Gerade L'D und der Reflektorachse (φ) kann wie folgt berechnet werden:

$$\varphi = \text{tg}^{-1} ((R - FL') / (h_L + FL)) \quad (12)$$

Es bedeuten:

FL': Entfernung der Abbildung der Lichtquelle von der Reflektorachse

- für $a > 0$,
 - für $\delta + \beta > 90^\circ$, $FL' = \sin(90^\circ - \delta + \gamma) \times 2LE$ (13)
 - für $\delta + \beta < 90^\circ$, $FL' = \sin(90^\circ - \delta - \gamma) \times 2LE$ (14)

- für $a < 0$, $FL' = \sin(90^\circ + \delta - \gamma) \times 2LE$ (15)

FL: Entfernung der Projektion der Lichtquellenabbildung auf der Reflektorachse von der Lichtquelle

- für $a > 0$,
 - für $\delta + \beta > 90^\circ$, $FL = \cos(90^\circ - \delta + \gamma) \times 2LE$ (16)
 - für $\delta + \beta < 90^\circ$, $FL = \cos(90^\circ - \delta - \gamma) \times 2LE$ (17)

- für $a < 0$, $FL = \cos(90^\circ + \delta - \gamma) \times 2LE$ (18)

3.1.4. Bestimmung Der Neigung Des Geneigten Reflektorteils

Der Winkel zwischen dem Reflektorteil und der Reflektorachse (α) wird wie folgt berechnet:

- für $a > 0$,
 - für $\delta + \beta > 90^\circ$, $\alpha = \delta - \gamma$ (19)
 - für $\delta + \beta < 90^\circ$, $\alpha = \delta + \gamma$ (20)

- für $a < 0$, $\alpha = \gamma - \delta$ (21)

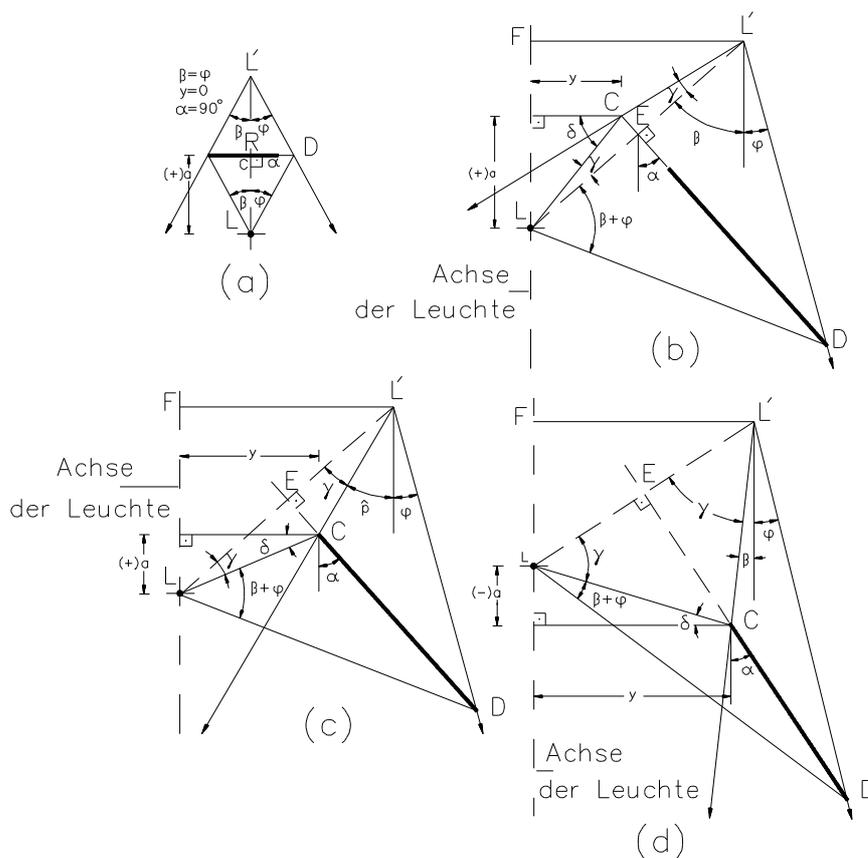


Abbildung 4- Die Größen, die die Länge und Neigung der Reflektorteile bestimmen.

3.2. Ein Durchführungsbeispiel

In diesem Abschnitt sind Beispiele zur Durchführung der Methode, deren allgemeine Verfahrungsweise im 3.1. Abschnitt erläutert wurde, erarbeitet. Bei der Feststellung der Eigenschaften des Facettenreflektors wurde die Dimension der Lichtquelle nicht berücksichtigt. Die Länge und Neigung der einzelnen Reflektorteile wurden für vier, unten angegebene, verschiedene Situationen berechnet:

- Radius der beleuchteten Fläche (R; cm): 100, 75, 50, 25,
- Hängehöhe des Reflektors (h_L ; cm): 200,
- Entfernung zwischen der Lichtquelle (L) und dem Scheitelpunkt (R) des Reflektors (a; cm): 3.

Die Feststellung der Reflektorteile wurde fortgesetzt, bis die Reflektoröffnung gleich $\cong 20$ cm ist. Die Länge und Neigungen der festgestellten Reflektorteile von vier Facettenreflektoren sind in Tabelle 1 angegeben. Nebenbei sind aus der Tabelle 1 die Höhe der Reflektoren und die Ausstrahlungswinkel des direkten Lichtanteils "für die Reflektoröffnung = 30 cm" ersichtlich.

Die in Tabelle 1 angegebenen Rechnungsergebnisse können wie folgt verglichen und bewertet werden:

- Die Länge der Reflektorteile werden kleiner und die Zahl der Reflektorteile werden mehr, wenn man das Verhältnis der Hängehöhe des Reflektors zur beleuchteten Fläche vergrößert.
- Für den Fall der gleichen Reflektoröffnung wird der Ausstrahlungswinkel größer und die Höhe des Reflektors kleiner, wenn man das Verhältnis der Hängehöhe des Reflektors zur beleuchteten Fläche vergrößert.

Tabelle 1- Die Eigenschaften der festgestellten Facettenreflektoren.

$h_L = 200$ cm									
Radius (R;cm)	Facettenreflektor	Reflektorteil			Radius (R; cm)	Facettenreflektor	Reflektorteil		
		Zahl (n)	Länge (CD;cm)	Neigung (α)			Zahl (n)	Länge (CD;cm)	Neigung (α)
100	$h=14.9$ cm $\varphi=52^\circ$	1	1.46	90	25	$h=21$ cm $\varphi=39^\circ$	1	0.36	90
		2	4.27	63.44			2	0.75	82.88
		3	20.53	37.02			3	0.80	75.85
75	$h=18$ cm $\varphi=45^\circ$	4	1.09	90			4	0.89	68.82
		2	2.71	69.45			5	1.05	61.78
		3	5.30	49.09			6	1.30	54.73
		4	26.05	28.44			7	1.70	47.15
50	$h=20.8$ cm $\varphi=40^\circ$	8	0.73	90			8	2.45	40.54
		2	1.61	75.97			9	3.85	33.36
		3	2.10	62.11			10	6.86	26.07
		4	3.48	48.19			11	14.62	18.56
		5	8.03	34.12					
		6	35.27	19.61					

In dieser Arbeit sind die Facettenreflektoren für die Verhältnisse, zwischen der Hängehöhe der Reflektoren und dem Radius der beleuchteten Flächen, "2, 2.67, 4 und 8" festgestellt worden. Diese Reflektoren können auch für andere Hängehöhen und Flächengrößen, zwischen denen die gleichen Verhältnisse vorhanden sind, verwendet werden. Zum Beispiel, das, für die Hängehöhe des Reflektors (h_L) "200 cm" und für den Radius (R) der beleuchteten Fläche "50 cm" ermittelte Verhältnis ist auch für $h_L = 300$ cm und $R = 75$ cm oder für $h_L = 400$ cm und $R = 100$ cm gültig.

4. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Bei der Nutzung einer Klarglaslampe in einem Paraboloidreflektor entstehen in Abhängigkeit der Lampe und Reflektoreigenschaften die Wendelbilder auf der beleuchteten Fläche. Die Entstehung der, als Lichtflecken wahrgenommene, Wendelbilder können unter Verwendung der Klarglaslampe in einem Facettenreflektor vermieden werden. Andererseits, um einen Reflektor für die Kontrolle der Beleuchtungsstärkeverteilung entwerfen zu können, soll die Lichtquelle bestimmte Eigenschaften haben. Wenn die Lampe als Punktlichtquelle angenommen wird, ist es nicht zu vermeiden, daß die Beleuchtungsstärkeverteilung in der Praxis unterschiedlich wird als erwartet.

Um homogene Beleuchtungsstärkeverteilung unter Verwendung eines Facettenreflektors und einer Punktlichtquelle herstellen zu können, sollen von jedem Reflektorteil reflektierten Lichtstrahlen auf gleich große und gelegene Fläche gelenkt werden. In dieser Arbeit wurde eine Methode für den Entwurf eines Facettenreflektors, die die oben erwähnte Bedingung erfüllt, entwickelt und die Ergebnisse einiger Durchführungsbeispiele der bearbeiteten Methode angegeben.

LITERATUR

1. Anon., Philips Lighting Manual, Eindhoven, Netherlands, 1993.
2. Dokuzer Öztürk, L., İç Mimari Aydınlatmada, Düzgün Yansima Geometrisi Ile Aydinligin Denetlenmesinde Kullanilabilecek Yeni Bir Yöntem Önerisi, 96-B-003, ISBN 975-461-020-7, Istanbul, 1995.
3. Dokuzer Öztürk, L., Eine Methode Für Die Kontrolle Der Beleuchtungsstärkeverteilung Und Ein Durchführungsbeispiel, Lux Europa, Amsterdam, 11-14 May 1997.

* Assis.Prof.Dr. Leyla Dokuzer Öztürk, Technische Universität Yıldız, Fakultät für Architektur, Lehrstuhl für Bauphysik, 80750 Beşiktaş, Istanbul, Türkei.

Tel: + 90 212 259 70 70 - 2303, Fax: + 90 212 261 05 49, e-mail: dokuzer@ yildiz.edu.tr
