

4. Leuchten

Eine Leuchte ist ein Gerät, das:

- die Lampe(n) aufnimmt und die elektrische Verbindung mit dem Netz ermöglicht,
- Schutzmöglichkeiten gegen Berührung, Fremdkörper, Staub, Wasser bietet,
- Blendschutz ermöglicht, das Licht der Lampe(n) lenkt, verteilt und filtert,
- die Betriebstemperatur der Lampe(n) in den vorgeschriebenen Grenzen hält,
- wirtschaftlich bezüglich Anschaffung und Betrieb ist,
- montage- und wartungsfreundlich ist,
- gut aussehen soll.

Die lichttechnischen Merkmale einer Leuchte sind:

- Art und Anzahl der verwendeten Lampen mit ihren wesentlichen Kenndaten,
- Lichtstromverteilung in den unteren und oberen Halbraum,
- Lichtstärkeverteilung in Form der Lichtstärke-Verteilungskurve LVK bei symmetrisch oder asymmetrisch strahlenden Leuchten, Eng- oder Breitstrahlern,
- Leuchtdichteverteilung unter verschiedenen Ausstrahlungswinkeln,
- Leuchtenwirkungsgrad $\eta_L = \Phi_L / \Phi_{La}$,
- Beleuchtungswirkungsgrad $\eta_B = \eta_L \cdot \eta_R$ als Projektierungsgröße im Zusammenhang mit der örtlichen Verwendung der Leuchte.

4.1 Materialeigenschaften

Mit geeigneten lichttechnischen Materialien kann die Lichtstrom-, Lichtstärke- und Leuchtdichte-verteilung beeinflusst werden.

Reflektierende Baustoffe:

- gerichtete Reflexion bei Glas- und Metallspiegeln, glänzenden Oberflächen,
- gestreute Reflexion bei matten Reflexstoffen wie Anstrichen und Emaille.

Durchscheinende Baustoffe:

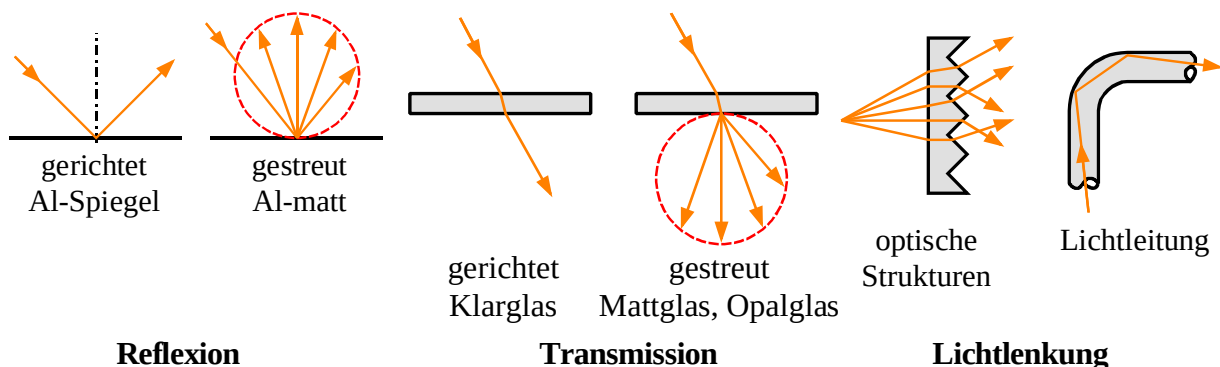
- schwach durchlassende Stoffe wie Textilien, trübe Gläser und Kunststoffe, Leuchten und Lampenschirmpapier,
- stark durchlassende Stoffe wie Klarglas, Mattglas, Ornamentglas, Transmissionsgläser, Kunststoffe.

Lichtlenkende Baustoffe:

- durch optisch wirksame Strukturen wie Prismen, Pyramiden und Kugeln,
- Lichtleitung durch Glas- oder Kunststofffasern.

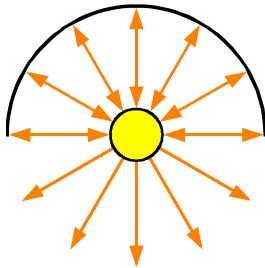
Weitere Eigenschaften und Anforderungen der Leuchtenbaustoffe:

- mechanische Festigkeit,
- Wärmebeständigkeit bezüglich der auftretenden Leuchtentemperaturen,
- Korrosionsbeständigkeit vor allem bei Metallen durch Oberflächenschutz (Lack, Emaille, Kunststoffbeschichtung),
- Lichtehtheit bei langer UV-/IR-Bestrahlung.



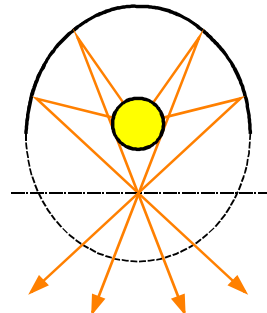
Reflektorformen

- Reflektoren streuen das Licht oder lenken es definiert (spiegeln).
- Streuende Reflektoren sind mehrheitlich weiß lackiert oder emailliert.
- Für Spiegelreflektoren zur definierten Lichtverteilung wendet man fast ausschließlich glänzendes, eloxiertes Aluminium an.
- Matte Aluminium-Spiegel haben neben der Lichtlenkung eine gewisse Streuung.



Kugel- oder sphärischer Spiegel

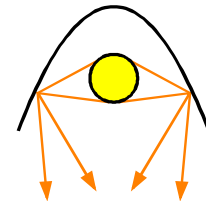
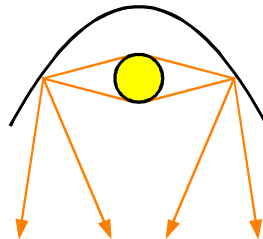
mit streuender Lichtverteilung
für Scheinwerfer



Ellipsoidspiegel für kleine
Leuchten mit punktförmigen
Lichtquellen

Parabolspiegel steuern die Lichtverteilung

- links: breit strahlend
- rechts: eng strahlend



Abschirmung und Blendschutz

Der Abschirmwinkel verhindert den direkten seitlichen Einblick in die Leuchte; er ist abhängig vom Abstand der Stege und deren Höhe.

Bei spiegelnden, parabolisch gekrümmten Blendschutzlamellen lässt sich die Lichtausstrahlung auf etwa 45° gegen die Senkrechte begrenzen. Die Lichtverteilung ist tiefstrahlend, und damit erscheinen eingeschaltete Leuchten bei größeren Einblickswinkeln auch dunkel.

Im modernen Leuchtenbau sind Spiegelreflektoren und Spiegelraster wesentliche Elemente des optischen Systems. Ihre Materialbeschaffenheit und Konturen bestimmen die Lichtstärkeverteilung wie:

- die Lichtstromlenkung in die gewünschte Richtung,
- die Realisierung eines hohen Leuchten- η_L und Beleuchtungswirkungsgrads η_B ,
- die Direktblendung im vorgeschriebenen Ausstrahlungsbereich.

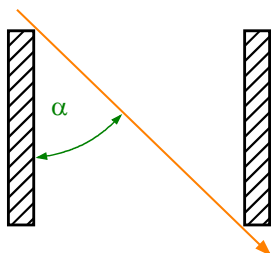
Für Reflektoren und Raster werden gespritzte, tiefgezogene, rollgeformte, abgekannte Materialien eingesetzt, die nach der Verformung bedampft, eloxiert oder vor der Verformung eloxiert werden.

$$\eta_L = \frac{\Phi_L}{\Phi_{La}} \quad \eta_B = \eta_L \cdot \eta_R \quad (4.1)$$

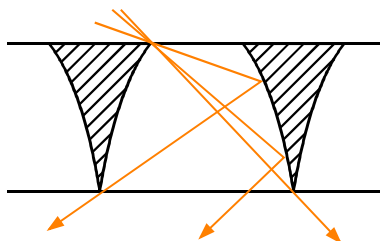
Φ_L = Lichtstrom der Leuchte

η_R = Raumwirkungsgrad

Φ_{La} = gesamter Lichtstrom der verwendeten Lampen



Blendschutzraster



Parabolspiegelraster

Abschirmung und Blendschutz

4.2 Leuchterspezifikationen

Leuchten lassen sich nach folgenden Gesichtspunkten einteilen:

- Lichttechnische Eigenschaften, wie Lichtstromverteilung und Lichtstärkeverteilungskurven (LVK),
- Art der Lampen, wie Leuchten für Glühlampen, Leuchtstofflampen oder Hochdrucklampen,
- Anzahl der Lampen, wie ein- und mehrflammige Leuchten,
- Verwendungszweck, wie Zweck-, Wohnraum-, Repräsentativ- und Effektleuchten,
- Verwendungsort, wie Innenleuchten am Arbeitsplatz, Wohnraumleuchten oder Außenleuchten,
- Standort, wie ortsfeste Leuchten oder ortsveränderliche Leuchten,
- Montageart, wie Einzelleuchten, Leuchten für Lichtbänder, Decken-, Pendel-, Wand-, Steh-, Hand-, oder Mastleuchten,
- Materialeigenschaften, wie Glas-, Kunststoff- oder Metalleuchten,
- Bauart, wie freistrahkende Leuchten - mit nackten Leuchtstofflampen oder Halogen-glühlampen - , Wannenleuchten - Lichtquellen durch Kunststoff- oder Glaswannen abgedeckt - , Rasterleuchten - Lichtquellen durch Lamellenraster abgedeckt - und Spiegelrasterleuchten, bei denen durch Reflektoren eine bestimmte Lichtstärkeverteilung erreicht wird.

Lichttechnische Eigenschaften zur Beurteilung und zum Vergleich von Leuchten:

- Lichtstromverteilung zur Kennzeichnung von Leuchten mit Φ_{SU} (Nutzlichtstrom in den unteren Halbraum) und Φ_{SO} (Nutzlichtstrom in den oberen Halbraum) durch Kennbuchstabe sowie erste und zweite Kennziffer.
- Bei der Beleuchtungsplanung wird bei Anwendung der Beleuchtungswirkungsgradtabellen diese Kennzeichnung für den Beleuchtungswirkungsgrad η_B benötigt.

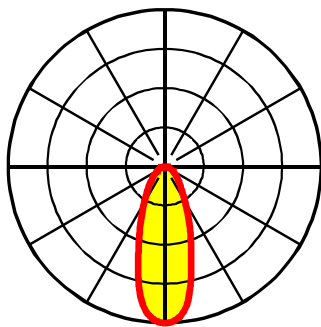
Kennbuchstabe	Leuchtenart	Lichtstromanteil	
		im unteren Halbraum	im oberen Halbraum
A	direkt	100 % bis 90 %	0 % bis 10 %
B	vorwiegend direkt	90 % bis 60 %	10 % bis 40 %
C	gleichförmig	60 % bis 40 %	40 % bis 60 %
D	gleichförmig indirekt	40 % bis 10 %	60 % bis 90 %
E	indirekt	10 % bis 0 %	90 % bis 100 %

1. Kennziffer	Nutzlichtstrom im Bereich Φ_{SU}	2. Kennziffer	Nutzlichtstrom im Bereich Φ_{SO}
1	0 % bis 30 %	1	0 % bis 50 %
2	31 % bis 40 %	2	51 % bis 70 %
3	41 % bis 50 %	3	71 % bis 90 %
4	51 % bis 60 %	4	91 % bis 100 %
5	61 % bis 70 %		
6	71 % bis 100 %		

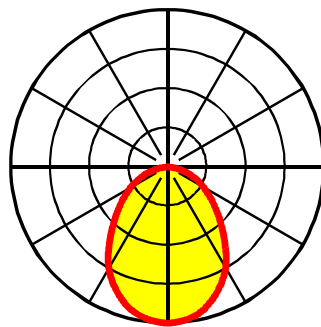
Kennbuchstabe sowie erste und zweite Kennziffer zur Kennzeichnung von Leuchten

Lichtstärkeverteilungskurven LVK stellen die räumliche Lichtverteilung in den A-, B- und C-Ebenen dar.

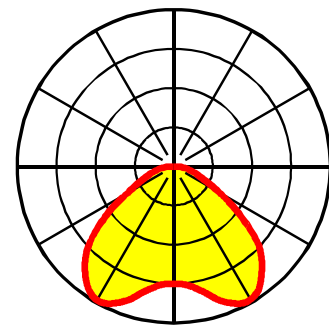
Leuchten werden tief-, eng-, breit-, frei-, hoch-, tief-hoch-, asymmetrisch- oder schrägstrahlend bezeichnet.



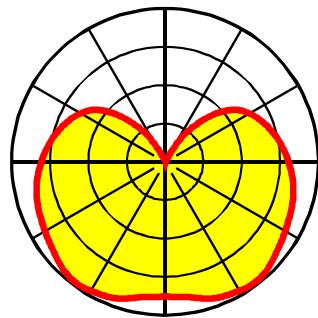
engstrahlend
Lichtleiste mit Reflektor
A 60 $\eta_L = 0,81$



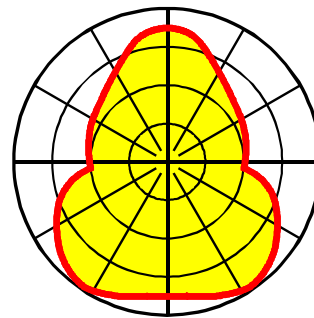
tiefstrahlend
Lichtleiste mit Prismascheibe
A 60 $\eta_L = 0,64$



breitstrahlend „Darklight“
Spiegelrasterleuchte
A 50 $\eta_L = 0,68$



freistrahlend
Anbauleuchte mit opaler Abdeckung
B 31 $\eta_L = 0,66$



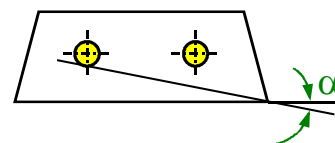
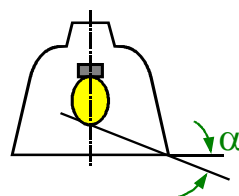
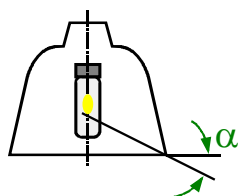
freistrahlend
freistrahkende Leuchtstofflampe
C 22 $\eta_L = 0,97$

LVK von Leuchten für Leuchtstofflampen

Die mittlere Leuchtdichte lässt sich berechnen aus der Lichtstärke und der leuchtenden Fläche in Beobachtungsrichtung.

Die Leuchtdichteverteilung von Leuchten muss durch strukturierte Abdeckungen oder durch Mindestabschirmwinkel $\alpha_{\min}$ bei unten offenen Leuchten die Direktblendung begrenzen.

Der Mindestabschirmwinkel $\alpha_{\min}$ ist abhängig von der Güteklasse GK (A, 1, 2, 3) der Blendungsbegrenzung gegen Direktblendung und der mittleren Leuchtdichte der eingesetzten Lampen. Wird $\alpha_{\min}$ nicht eingehalten, so wird die Leuchte wie eine freistrahkende Leuchte mit der Leuchtdichteverteilung der Lampe behandelt.



Lampenart	L in cd/m^2	GK	A	1	2	3
Leuchtstofflampen	$L \leq 2 \cdot 10^4$		20°	10°	0°	0°
Hochdrucklampen mit Leuchtstoff	$L \leq 50 \cdot 10^4$		30°	20°	10°	0°
Lampen mit Klarglaskolben	$L > 50 \cdot 10^4$		30°	30°	15°	10°

Mindestabschirmwinkel $\alpha_{\min}$ bei unten offenen Leuchten

Neben dem Leuchtenwirkungsgrad η_L wird häufig auch der Leuchten-Betriebswirkungsgrad η_{LB} angegeben. Dieser berücksichtigt zusätzlich die Brennlage der Lampe und deren Umgebungstemperatur (viele Lampen haben lage- und temperaturabhängige LVK).

Leuchten werden vorwiegend in den Schutzarten IP 20, IP 23, IP 40, IP 43, IP 44, IP 50, IP 54, IP 55, IP 65, IP 67 und IP 68 ausgeführt.

1. Kenn- ziffer	Berührungs- und Fremdkörperschutz Schutzumfang	2. Kenn- ziffer	Wasserschutz Schutzumfang
0	Kein Berührungsschutz	0	Kein Wasserschutz
1	Schutz gegen Berührung mit der Hand, Fremdkörper $\varnothing > 50 \text{ mm}$	1	Schutz gegen senkrecht fallendes Tropfwasser
2	Schutz gegen Berührung mit den Fingern, Fremdkörper $\varnothing > 12 \text{ mm}$	2	Schutz gegen Tropfwasser bis 15° zur Senkrechten
3	Schutz gegen Berührung mit Werkzeugen, Fremdkörper $\varnothing > 2,5 \text{ mm}$	3	Schutz gegen Sprühwasser bis 60° zur Senkrechten, regengeschützt
4	Schutz gegen Berührung mit Werkzeugen, Fremdkörper $\varnothing > 1 \text{ mm}$	4	Schutz gegen Spritzwasser aus allen Richtungen
5	Vollständiger Schutz gegen Berühren mit Hilfsmitteln jeglicher Art, Staubschutz im Inneren	5	Schutz gegen Strahlwasser aus allen Richtungen
		6	Schutz bei Überflutung
6	Vollständiger Staubschutz, staubdicht	7	Schutz gegen das Eindringen schädlicher Mengen beim Eintauchen, Druck, Zeitbedingungen
		8	

Aufbau des IP-Schutzsystems nach IEC DIN 40050

Sicherheitstechnische Anforderungen müssen Leuchten erfüllen. Es handelt sich um:

Schutz gegen elektrischen Schlag in den Schutzklassen I, II und III;

Schutz gegen mechanische Beeinflussung entsprechend dem IP-Schutzsystem (Ingress-Protection) nach IEC DIN 40050 mit Schutz vor Eindringen von Fremdkörpern (1. Kennziffer) und Wasser (2. Kennziffer);

Schutz gegen Funkstörungen gemäß der EG-Richtlinie 82/500 EWG oder gemäß DIN VDE 0575;

Brandschutz gemäß DIN VDE 0710/0711 (bes. Montagevorschriften berücksichtigen);

Schutz gegen Explosionen für Leuchten in explosionsgefährdeten Räumen (chemische Industrie) nach Ex II und schlagwettergeschützte Leuchten (Bergbau) nach Ex I entsprechend DIN EN 50014 - 50020.

Für Sportanlagen werden Leuchten eingesetzt, die durch spezielle Maßnahmen ballwurfsicher ausgeführt sind.



- I Leuchten mit berührbaren Metallteilen müssen an der Anschlussstelle an den Netzschutzleiter angeschlossen werden.



- II Leuchten dürfen keine berührbaren Metallteile haben (kein Netzschutzleiteranschluss)



- III Leuchten zum Betreiben mit Schutzkleinspannungen bis 42 V

Schutzklassen gegen elektrischen Schlag

4.3 Leuchtentypen

Die verschiedenen Leuchtentypen werden unter Berücksichtigung beleuchtungstechnischer, sicherheitstechnischer und wirtschaftlicher Aspekte eingesetzt. Die Unterteilung erfolgt üblich nach dem Einsatz im Innen- und Außenraum und nach der Lampenbestückung.

Freistrahkende Leuchten kommen nur für Nebenräume in Frage, dort, wo keine Begrenzung der Direktblendung notwendig ist.

Industrie-Reflektorleuchten, vor allem für Schienen- und Lichtbandsysteme, werden mit weißen Reflektoren für Räume bis 4 m Höhe und mit Spiegelreflektoren für Räume bis 5 m Höhe eingesetzt.

Wannenleuchten sind blendungskritisch und wirtschaftlich nicht optimal.

Opale weiße Wannen mit leuchtenden Seitenteilen verwendet man aus gestalterischen Gründen und für eine diffus wirkende Beleuchtung mit geringer Schattenwirkung.

Prismenwannen mit gewisser Lichtlenkung haben gegenüber den weißen Wannen eine etwas höhere Wirtschaftlichkeit, und es ist eine bessere Begrenzung der Direktblendung möglich.

Prismenwannen mit Spiegelreflektor ermöglichen eine Lichtlenkung und sind bei einflammiger Bestückung relativ wirtschaftlich.

Rasterleuchten ermöglichen die Lichtlenkung.

Mit weißem Lamellenraster ergibt sich eine eher gleichförmige Lichtverteilung. Die Kunststoffstege oder weißlackierten Metalle dienen zur Abschirmung des Lichtes unter einem bestimmten Blickwinkel. Quadratische Rasterzellen ergeben eine Abschirmung in Längs- und Querrichtung.

Spiegeleraster mit verschiedenen Rasterformen ermöglichen eine sehr präzise breit-, tief- und schrägstrahlende Lichtlenkung. Sie sind geeignet für hohe Anforderungen bezüglich der Direktblendung und sind sehr wirtschaftlich.

Hallen-Reflektorleuchten mit Hochdruckentladungslampen sind für hohe Industrie- und Sporthallen.

Rotationssymmetrische Spiegelreflektoren ermöglichen tief- und breitstrahlende Lichtlenkung.

Rechteckige Leuchtenform mit Spiegeloptik wird zur Begrenzung der Direktblendung auch mit Raster ausgeführt.

Lichtrohr- und Lichtbandsysteme werden als Pendelsystem eingesetzt für:

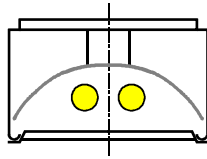
- Industrieräume und Zonen mit Publikumsverkehr,
- Büro, Architektur und Schalterzonen.

Leuchten als Zusatz- oder Arbeitsplatzleuchte werden für örtlich besseres Beleuchtungsniveau eingesetzt.

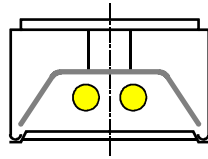
Scheinwerfer werden in der Außenbeleuchtung für Ausstrahlungszwecke und Sportanlagen eingesetzt.

Leuchten für Glühlampen und Kompakt-Leuchtstofflampen als Einbau-, Anbau, Stand-, Wand-, Decken- und Pendelleuchten mit und ohne Reflektoren oder Querlamellen werden vorwiegend im Wohnbereich eingesetzt.

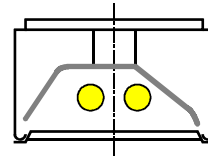
Strahler für punktförmige Lichtquellen werden für Halogen-Niedervoltglühlampen mit und ohne Reflektor oder für Halogen-Metall dampflampen in Kompaktausführung gebaut.



tiefstrahlend



breitstrahlend



schrägstrahlend

Raster-Leuchtstofflampenleuchte



Zweiflämmige (oben) und einflämmige (unten) Raster-Leuchtstofflampenleuchte



weißes Lamellenraster



eloxiertes Lamellenraster



Spiegel-Lamellenraster

Ausführungsformen bei Raster-Leuchtstofflampenleuchten



230-V-Schienensystem mit Strahlern für Halogenglühlampen mit Sockel GU 10



Deckenleuchte mit 12-V-Halogenglühlampen
(Sockel GU 5,3)