

<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
Definitionen	1
<b>Das Licht</b>	<b>1</b>
Licht	1
Optische Strahlung	1
Lichtqualitäten	2
<b>Lichttechnische Begriffe</b>	<b>3</b>
Einheiten	3
<b>Lampentypen</b>	<b>4</b>
Übersicht über Strahlungsarten, -quellen, Lampentypen und Gasarten	4
Entladungslampen	5
<b>Leuchtentypen</b>	<b>6</b>
Lichtverteilende Mittel von Leuchten	6
Leuchtentypen und ihre Verwendung	7
<b>Gestaltung mit Licht</b>	<b>8</b>
Lichteffekte	8
Verschiedene Beleuchtungsarten einer urbanen Strassensituation	9
<b>Leerrohre und Schlaufschächte</b>	<b>10</b>
<b>Normen und Empfehlungen</b>	<b>11</b>
<b>Literatur</b>	<b>11</b>

## Einleitung

### Definitionen

- *Leuchte*  
*Ist ein Gerät, das zur Verteilung, Filterung oder zur Umformung des Lichtes von Lampen dient, inkl. der zum Schutz oder zur Befestigung der Lampe dienenden Konstruktion.*
- *Lampen*  
*Lampen sind technische Ausführungsformen von künstlichen Lichtquellen.  
Bei den meisten Lampen wird das Licht aus elektrischer Energie gewonnen.*
- *Lichtreiz*  
*Der Lichtreiz ist das "gesehene" Licht. Damit ein Lichtreiz vollständig bestimmt ist, muss sein Strahlungsfluss und dessen Verteilung im Spektrum bekannt sein.*
- *Spektrum*  
*Das Spektrum einer Strahlung zeigt, aus welchen Anteilen sie zusammengesetzt ist.  
Das bekannteste Beispiel eines Spektrums ist der Regenbogen. Spektren entstehen durch Zerlegung der Strahlen an lichtbrechenden Medien, z.B. an Prismen oder Linsen (Wassertropfen), wobei kurzwellige Strahlung stärker, langwellige Strahlung schwächer abgelenkt wird.*

## Das Licht

### Licht

ist der physisch sichtbare Bereich der elektromagnetischen Strahlung, zu der u.a. auch die Wärmestrahlung, Radiowellen und die Röntgenstrahlung gehören. Die verschiedenen Bereiche werden durch ihre Wellenlängen unterschieden (Rot 0,65  $\mu\text{m}$ , Grün 0,54  $\mu\text{m}$ , Blau 0,46  $\mu\text{m}$ , Violett 0,40  $\mu\text{m}$ ). Licht breitet sich im Vakuum geradlinig mit einer Geschwindigkeit von 299'792,5 km/s aus. Dies ist für alle Strahlungen und Körper eine nicht überschreitbare Grenze.

### Optische Strahlung

Unter optischer Strahlung versteht man die sichtbare Strahlung und die nach beiden Seiten anschließenden Strahlungen. Nach den kürzeren Wellenlängen hin ist es die Ultraviolettstrahlung; im längerwelligen Gebiet ist es die Infrarotstrahlung.

## Lichtqualitäten

### Dramatisches Licht

Licht dieser Qualität schafft ein unnatürliches Geschehen. Es werden einzelne Lichtaktionen geschaffen, die in der Gegensätzlichkeit von Licht und Schatten leben. Durch das Anstrahlen von unten entstehen harte, starke Schlagschatten, die die Szene verzerrt wiedergeben.

### Kaltlicht

Mit Kaltlicht ist ein weisses Licht gemeint, dass eine kühle Raumatmosphäre erzeugt. Richtiger ist der Begriff "weisses Licht".

### Warmlicht

Von warmem Licht wird gesprochen, wenn eine angenehme wohnliche Atmosphäre geschaffen wird. (Farbtemperatur unter 3300 K)

### Neutrales Licht

Der Farbeindruck dieses Lichtes ist "neutral", das heisst es liegt in der Mitte zwischen dem "weissen" Tageslicht und dem warmen "Glühlampenlicht" (Farbtemperatur von 3300 K bis 5000 K)

### Direktes und indirektes Licht

Wird Licht von einer Leuchte abgestrahlt, so kann es direkt, indirekt oder in Kombination von beidem auf die Nutzebene gelangen. Das Licht der Lichtquellen strahlt entweder direkt auf die Nutzebene oder es wird über entsprechende Reflektoren gerichtet auf die Nutzebene gelenkt; Nebenzonen ausserhalb der Nutzebene erhalten ein niedrigeres Beleuchtungsniveau. Bei der reinen Indirektbeleuchtung wird das Licht meist diffus durch Reflexion über Wände oder Decken in den Raum reflektiert und gelangt schliesslich auf die Nutzebene. Farben und Strukturen dieser Reflexionsflächen prägen den Raumeindruck dabei entscheidend.

### Gerichtetes Licht

Gerichtetes Licht entsteht dadurch, dass Licht mit speziellen, meist hochglänzenden Reflektoren gebündelt und in bestimmte Richtungen gelenkt wird. Gerichtetes Licht erzeugt leichte bis sehr starke Schatten oder Schlagschatten. Es können gute plastische Wirkungen herausgearbeitet und belebte Wechselspiele zwischen Licht und Schatten erzielt werden. Mit gerichtetem Licht lassen sich zonierte Raumatmosphären schaffen.

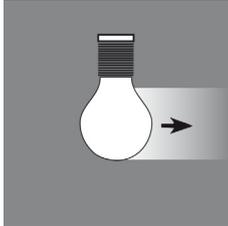
### Diffuses Licht

Diffuses Licht schafft eine meist eintönige Raumatmosphäre. Es entsteht durch gleichmässige Lichtabstrahlung in alle Raumrichtungen. Diffus ausgeleuchtete Objekte erscheinen flach und verlieren ihre plastische Wirkung. Farbnuancen, die bei gerichtetem Licht wahrgenommen werden können, sind bei diffusem Licht nicht mehr unterscheidbar.

## Lichttechnische Begriffe

---

### Einheiten

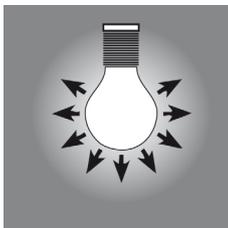


Lichtstärke

*Einheit: Candela (cd)*

Die Lichtstärke  $I$  kennzeichnet die Lichtausstrahlung einer Lichtquelle in eine bestimmte Richtung.

Die räumliche Lichtstärkeverteilung einer Leuchte wird in Form von Kurven, den sogenannten Lichtstärkeverteilungskurven (LVK) dargestellt.



Lichtstrom

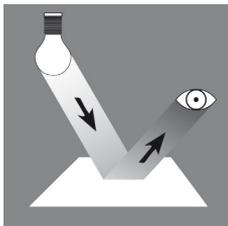
*Einheit: Lumen (lm)*

Der Lichtstrom ist die gesamte von einer Lichtquelle abgestrahlte Strahlungsleistung, bewertet nach der spektralen Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges.

Man könnte den Lichtstrom deshalb auch vereinfacht mit "Lichtleistung" bezeichnen.

Die Nennlichtströme von Leuchtmitteln / Lampen werden von den Herstellern angegeben.

Der Lichtstrom enthält keine Information über die räumliche Verteilung.

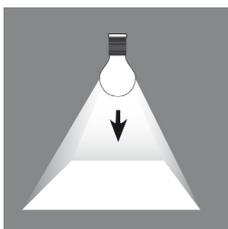


Leuchtdichte

*Einheit:  $cd/m^2$  (Candela pro Quadratmeter)*

Die Leuchtdichte  $L$  beschreibt den Helligkeitseindruck, den eine selbstleuchtende oder eine bestrahlte Fläche dem Beobachter vermittelt.

Der Zusammenhang zwischen Leuchtdichte und Helligkeit ist jedoch nicht linear und sehr komplex.



Beleuchtungsstärke

*Einheit: Lux (lx) =  $lm/m^2$*

Die Beleuchtungsstärke  $E$  kennzeichnet den auf eine Fläche auffallenden Lichtstrom.

Sie ist der Quotient des auf eine Fläche fallenden Lichtstroms geteilt durch diese Fläche. Die Beleuchtungsstärke lässt sich relativ leicht berechnen bzw. messen

und wird deshalb häufig als Planungsgröße verwendet. Die Beleuchtungsstärke lässt keinen eindeutigen Rückschluss auf den Helligkeitseindruck zu.

Abb. 4 - 7 Visualisierungen der lichttechnischen Einheiten und Größen

## Lampentypen

Bei den elektrischen Lampen unterscheidet man grundsätzlich zwischen *Glühlampen*, die das Licht durch Temperaturstrahlung über einen Glühdraht abgeben und den *Entladungslampen*, die ihr Licht mittels Lumineszenzstrahlung von gasförmigen oder flüssigen Stoffen erzeugen.

### Übersicht über Strahlungsarten, -quellen, Lampentypen und Gasarten

Art der Strahlung	Strahlungsquelle		Lampenfüllung	Lampentyp	Betriebsspannung	
Temperaturstrahlung	Glühdraht	Einfachwendel oder Doppelwendel	Vakuum oder verschiedene Gase und Dämpfe	Glühlampen	Niederspannung	
			Füllgas und Halogen	Halogen-Glühlampen		
			Füllgas <sup>1)</sup>	Mischichtlampen		
Lumineszenzstrahlung	Gasentladung	Hochdruckentladung	Grundgas <sup>2)</sup> und Quecksilber	Quecksilberdampf-Hochdrucklampen	Niederspannung (Glühlektroden)	
			Grundgas, Quecksilber und Metallhalogenide	Halogen-Metaldampflampen		
			Grundgas und Natrium	Natriumdampf-Hochdrucklampen		
			Xenon	Xenon-Langbogenlampen		
			Grundgas und Natrium	Natriumdampf-Niederdrucklampen		
		Niederdruckentladung	Grundgas und Quecksilber	Leuchtstofflampen		
			Neon oder Grundgas und Quecksilber	Leuchtrohren		Hochspannung (Kalte Elektroden)
			Festkörperentladung	-		Elektrolumineszenz-Platten (Leuchtplatten)

<sup>1)</sup> Füllgas: zur Verminderung der Verdampfungsgeschwindigkeit des Glühdrahtes  
<sup>2)</sup> Grundgas: zur Zündereicherung bei Gasentladungslampen

Quelle: Giradet

Abb. 11 Übersicht Strahlungsarten,-quellen, Lampentypen und Gasarten

## Entladungslampen

Zu dieser Gruppe gehören alle Lampen, deren Lichterzeugung auf dem Lumineszenzeffekt beruht, der sich beim elektrischen Stromdurchgang in gasförmigen, flüssigen und festen Stoffen einstellt. Die Lichterzeugung erfolgt in einem Entladungsrohr mit bestimmter Gas- und Dampffüllung zwischen zwei Elektroden (Stromzuführungen) in festem Abstand. Vor dem Anlegen einer Spannung ist der Rohrinhalt nichtleitend. Erst unter der Einwirkung genügender Spannung und des damit entstandenen elektrischen Feldes werden die Gase leitend. Es bilden sich vermehrt freie Ladungsträger in Form von Ionen oder Elektronen. Entladungslampen mit reiner Gasfüllung (z.B. Neon, Xenon) sind in der Lage, unmittelbar nach dem Einschalten und Zünden den vollen Lichtstrom abzugeben. Hingegen benötigen Lampen mit Dampffüllung eine Einbrennzeit, da in ihnen feste oder flüssige Zusätze vorher verdampft werden müssen.

Entladungslampen haben für allgemeine Beleuchtungszwecke, verglichen mit Glühlampen, wegen ihrer mehrfachen Lichtausbeute, ihrer langen Lebensdauer und allgemein erhöhter Wirtschaftlichkeit einen breiteren Anwendungsbereich gefunden.

Entladungsdruck	Niederdruckentladung	Hochdruckentladung
Art des Spektrums	Linienpektrum mit einzelnen wenigen Linien, evtl. auch im Ultraviolettbereich	Linienpektrum, oft mit kontinuierlichem Anteil
Leuchtdichte der Entladung	niedrig	hoch
Wiederzündverhalten	im allg. bei warmer Lampe Wiederzündung sofort möglich	Zündung bei warmer Lampe nur mit speziellem Zündgerät besonderer Bauart möglich
Abmessungen des Entladungsrohres	grossvolumig und lang	kleinvolumig und kurz
Beispiele	Leuchtstofflampen Natriumdampf-Niederdrucklampen	Quecksilberdampf-Hochdrucklampen Natriumdampf-Hochdrucklampen Halogen-Metaldampflampen

Quelle: Girardet

Abb.13 Merkmale von Nieder- und Hochdrucklampen

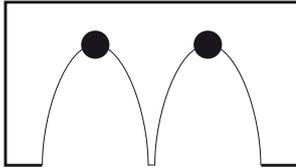
Je nach Wahl des Betriebsdruckes können Entladungslampen mit gewünschten Strahlungseigenschaften entwickelt werden, sogenannte Nieder- und Hochdrucklampen

## Leuchtentypen

---

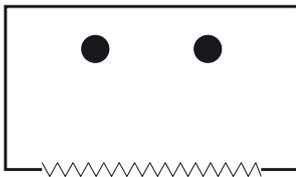
### Lichtverteilende Mittel von Leuchten

Um die gewünschte Lichtverteilung im Raum zu erreichen werden beim Design von Leuchten verschiedene lichtverteilende Mittel eingesetzt:



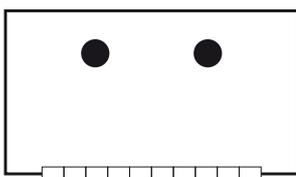
#### Reflektorleuchte

Reflektoren können streuend oder spiegelnd sein. Streuende Reflektoren sind meist lackiert oder - vor allem für Lampen mit hoher Leistung - emailliert. Für den Wirkungsgrad und die Lichtverteilung sind in erster Linie die Grösse des Reflektors und die Einbautiefe der Lampe massgebend. Die Reflektorform hat dagegen nur geringen Einfluss. Spiegelreflektoren werden heute fast ausschliesslich aus gebläutem und eloxiertem Aluminium hergestellt. Bei sehr hohen Ansprüchen an die Präzision werden Glassilberspiegel verwendet. Im Gegensatz zum streuenden Reflektor wird die Lichtverteilung beim Spiegelreflektor entscheidend von der Reflektorkontur beeinflusst.



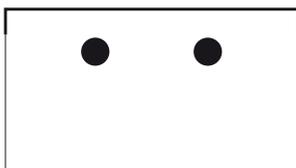
#### Refraktorleuchte

Durch Gläser mit optisch wirksamen Strukturen wie Prismen oder Linsen lassen sich im Gegensatz zu den Transmissionsleuchten unangenehme Blendungen vermeiden. Durch eine vorausgerechnete Kombination von Brechung und Totalreflexion wird das Licht aus bestimmten Winkelbereichen abgelenkt. Solche optischen Strukturen in klarem Material haben einen höheren Wirkungsgrad als andere lichtstreuende Stoffe und ermöglichen es, die Lichtverteilung stärker zu beeinflussen. Diese Technik kommt in der Aussenraumbeleuchtung vor allem bei Strassenleuchten zum Einsatz.



#### Rasterleuchte

Zur Abschirmung der Lampen gegen Direktblendung können auch Lamellen oder Raster verwendet werden. Der Abschirmwinkel, unter dem der direkte Einblick in die Leuchte verhindert wird, ergibt sich aus Steghöhe und Stegabstand. Da Raster und Lamellen im Bereich kleiner Ausstrahlungswinkel keine abschirmende Wirkung haben, sind sie im Hinblick auf Reflexblendung und Glanz auf horizontalen Flächen gleichzusetzen mit nicht abgeschirmten Lampen.



#### Transmissionsleuchte

Abschlussgläser dienen dazu, das Innere der Leuchte gegen Staub und Feuchtigkeit zu schützen. Daneben sollen sie auch die Leuchtdichte herabsetzen und damit Blendung und Glanz vermindern. Trübgelassen wie Opalglas oder diffusweisses Acrylglas vermindern zwar Reflexblendung und Glanz, sie weisen jedoch im Ausstrahlungsbereich oberhalb 60° gegen die Senkrechte häufig noch eine zu hohe Leuchtdichte auf und führen deshalb zu Unbehaglichkeitsblendung.

Abb. 15 Typisierung der Leuchten nach Art ihrer lichtverteilenden Mittel

## Leuchtentypen und ihre Verwendung

Leuchtentyp	Lichtverbreitung / Lichtpunkthöhen (LPH)			Beispiele	
<p>Wandleuchten Wege, Eingänge ...</p> <p>private Freiräume halbprivate (öffentliche)</p>					
<p>Wandeinbauleuchten Wege, Treppen, Plätze ...</p> <p>private Freiräume halbprivate öffentliche</p>					
<p>Unterwasserleuchten Teiche, Becken, Swimming-Pools</p> <p>private Freiräume halbprivate öffentliche</p>					
<p>Bodenleuchten Pflanzen, Fassaden, Dachuntersichten ...</p> <p>private Freiräume halbprivate öffentliche</p>					
<p>Scheinwerfer Objekte, Fassaden, Pflanzen ...</p> <p>private Freiräume halbprivate öffentliche</p>					
<p>Pollerleuchten Wege, Strassen, Plätze ...</p> <p>(private) Freiräume halbprivate öffentliche</p>					
<p>Mastaufsatzleuchten Wege, Strassen, Plätze ...</p> <p>(private) halbprivate Freiräume öffentliche</p>					
<p>Mastauslegerleuchte Wege, Strassen, Plätze ...</p> <p>(private) halbprivate Freiräume öffentliche</p>					
<p>Reflektor-Mastleuchte Wege, Strassen, Plätze ...</p> <p>(private) halbprivate Freiräume öffentliche</p>					

Abb. 16 Übersicht Leuchtentypen

## Gestaltung mit Licht

---

Freiräume bekommen durch künstliche Beleuchtung ein ganz anderes Gesicht. Während die Sonne am Tag durch ihre grosse Entfernung eine parallele Strahlung auf die Erde wirft, erzeugen die künstlichen Lichtquellen in der Nacht unterschiedliche Schattenrichtungen. Das Licht ist gewissermassen die vierte Dimension in der Raumgestaltung.

Neben allen Überlegungen zum Licht ist auch immer ein behutsamer Umgang mit den Schatten notwendig. Mystisch und geheimnisvoll ist die Raumwirkung, wenn Schatten und Dunkelheit zu geringem Licht kontrastieren. Raumbegrenzungen können während der Nacht nicht nur über gebaute Raumkanten definiert werden, vielmehr können Raumbegrenzungen flexibel und einfach, durch Verteilung von Helligkeit und Dunkelheit, hergestellt werden.

## Lichteffekte



### *Down Lighting*

*Flächen oder Objekte werden von oben beleuchtet. Diese Lichtsituation empfinden wir als natürlich, weil wir sie vom Tageslicht her kennen.*



### *Up Lighting*

*Flächen oder Objekte werden von unten angestrahlt. Mit dieser Lichttechnik entstehen dramatische Atmosphären. Sie unterscheidet sich grundsätzlich vom Tageslicht.*



### *Grazing*

*Poröse Oberflächen werden mit Leuchten aus kurzer Distanz und spitzem Winkel angestrahlt. Für eine gleichmässige Ausleuchtung kann die Distanz zwischen den Leuchten verringert werden.*



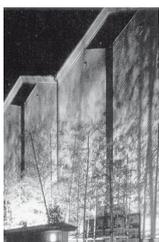
### *Silhouetting*

*Eine beleuchtete Fläche hinter einem Objekt oder ein von hinten beleuchtetes Objekt lässt nur die Silhouette erkennen.*



### *Vista Lighting*

*Lichtquellen erzeugen eine Raumtiefe und weisen einen visuellen Fokuspunkt auf.*



### *Shadowing*

*Der Schatten eines Objektes wird auf eine Wand projiziert. Das Volumen und die Helligkeit des Schattens ist abhängig von der Distanz zwischen Objekt und Lichtquelle sowie von der Lichtstärke .*



### *Mirror Lighting*

*Eine Wasseroberfläche oder eine Glasfassade wird als Reflektor für ein angestrahlttes Objekt. Die Wasseroberfläche sollte dafür dunkel sein. Mit dieser Technik entstehen ruhige Atmosphären.*

Abb. 17-23

Verschiedene Lichteffekte (Quelle: Landscaping Lighting Design Book)

## Verschiedene Beleuchtungsarten einer urbanen Strassensituation



### Einseitige Mastleuchten

Eine nach unten gerichtete Beleuchtung erzeugt eine ruhige Atmosphäre. Wird eine Lichtquelle auf einem hohen Masten installiert, so ist die Grundfläche gleichmässig ausgeleuchtet.



### Kurze Mastleuchten / Lichtpoller

Leuchten mit niedrigen Masten haben eine kleinere Reichweite und die ausgeleuchtete Fläche ist klar begrenzt. Dunkle und helle Bereiche entstehen. Sie sind klar voneinander getrennt und lassen einen Rhythmus in der Beleuchtung entstehen.



### Wandleuchten

Wandleuchten reflektieren über die Hausfassade das Licht auf den Fußgängerbereich. Mit dieser Methode wird der Strassenbereich sichtbar und bewirkt beim Passanten einen Eindruck von Sicherheit.



### Spezieller Spot

An einer Busstation oder in einer relativ engen räumlichen Situation, wo sich Leute sammeln, kann ein betonter Lichtpunkt die Funktion des Ortes akzentuieren.



### Verteiltes Licht

Kugelmastleuchten verteilen das Licht in allen Richtungen und erzeugen eine warme und freundliche Atmosphäre im ganzen Strassenbereich. Um unangenehme Blendungen zu verhindern muss an einen Ablichtungs-Effekt gedacht werden. Eine zu hohe Dichte des Lichtes kann entgegen der anfänglich angestrebten Atmosphäre einen desolater Eindruck erzeugen.



### Beleuchtete Baumalleen

Beleuchtungen, die Baumalleen von unten her anstrahlen, können eine dramatische Atmosphäre auf einer Strasse erzeugen. Jedoch können diese Leuchten auch das Wachstum dieser Bäume hemmen. Die Beleuchtung kann nur in einem Gesamtbeleuchtungskonzept für eine Strasse zum Einsatz kommen und ist mit einer zusätzlichen Beleuchtungsmethode zu kombinieren (s. unteres Bild).



Abb. 24-30

Beleuchtungsarten einer urbanen Strassensituation (Quelle: Landscaping Lighting Design Book)

## Leerrohre und Schlaufschächte

---

Stromkabel im Aussenbereich sollten niemals offen, sondern immer in Leerrohren geführt werden. Dies bietet einerseits Schutz vor mechanischer Beschädigung und andererseits ermöglicht es im Nachhinein das Entfernen oder Einziehen von zusätzlichen Leitungen. Das genaue Einmessen der Leitungen erleichtert die Ortung zu einem späteren Zeitpunkt und verhindert teure Schäden.

Grundsätzlich werden zwei Typen von Schutzrohren verwendet:

Kabelschutzrohre (KSR) PE

- für Hauptzuleitungen, Starkstromleitungen
- Durchmesser 60 - 150mm
- werden mit Muffen und Bögen verlegt
- Warnband oberhalb der Leitung

Flexible Kabelschutzschläuche

- für Verteilleitung zu Leuchten, Aussensteckdosen
- Durchmesser 25 - 50mm
- für Übergänge Muffen verwenden
- mit oder ohne Drahteinzug

Die Feinverteilung erfolgt über Schlaufschächte. Diese sind gut zugänglich und mit einer genügenden Drainage zu erstellen. Ausgehend von den Schlaufschächten können die Verbraucher sternförmig oder geschlauft angeschlossen werden. Dies wird in der Regel vom Elektroplaner vorgegeben.

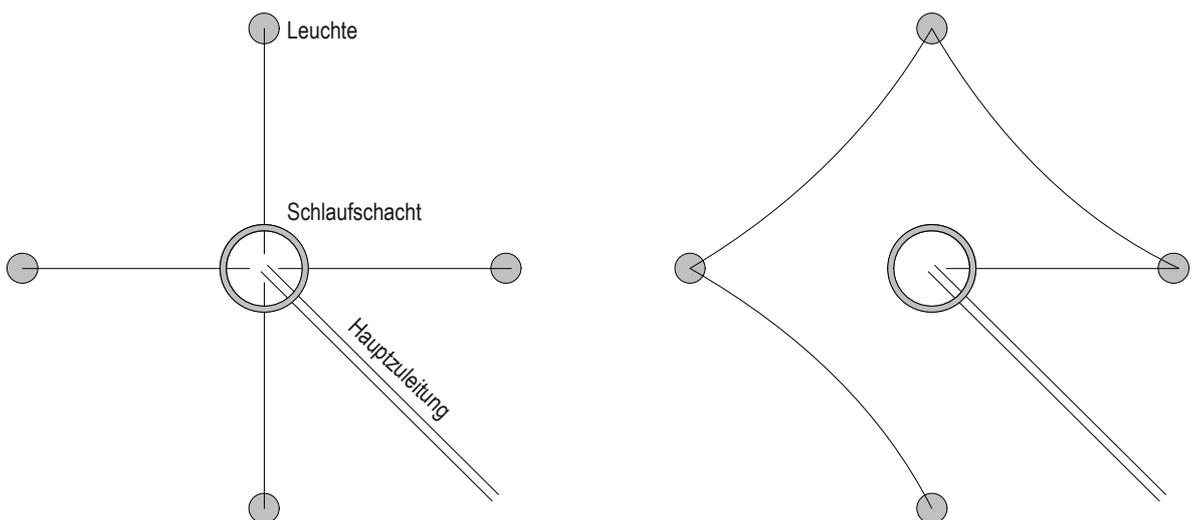


Abb. 31 Sternförmige und geschlufte Verrohrung

## Normen und Empfehlungen

- SEV 4006 *Leitsätze für die Beleuchtung von Tennisplätzen und -hallen (1962).*
- SEV 8902 *Leitsätze für die Beleuchtung von Leichtathletik-, Spiel- und Turnanlagen (1970).*
- SEV 8903 *Leitsätze für die Beleuchtung von Fussballplätzen und Stadien für Fussball und Leichtathletik (1971).*
- SEV 8907 *Leitsätze für öffentliche Beleuchtung: 1. Teil - Strassen und Plätze, 2. Teil - Strassentunnel und Unterführungen.*
  
- DIN 5044 *Strassenbeleuchtung.*
- DIN 67523 *Richtlinien zur Beleuchtung von Fussgängerüberwegen.*
- DIN 67524 *Beleuchtung von Strassentunneln und Unterführungen.*
- DIN 67528 *Beleuchtung von Parkflächen.*
  
- Publ. CIE No. 12 (E-3.3.1) *Internationale Empfehlungen für die öffentliche Beleuchtung (1965).*

## Literatur

- Meyer, H., *Licht im Garten.* Callwey Verlag. 19??, Stuttgart.
- Herbst, K.H. et al. *Handbuch der Beleuchtung.* (Hrsg.) Schweizerische Lichttechnische Gesellschaft. Verlag W. Girardet, Essen 1975.
- Bartenbach Lichtlabor. (Hrsg.) Roland Gfeller Cortesy. Vieweg-Verlag, 1975.
- Flagge, I., *Jahrbuch: Licht und Architektur 1998. Ve den Praktiker.* Verlag Elektrotechnik, Aarau 1979.
- Lennox-Moyer, J., *Landscape Lighting Designing Book.* Callwey Verlag, München 1998.
- Schrickler, R. *Licht-Raum, Raum-Licht,* Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart 1994.