

# LED-Straßenbeleuchtung

## Planung & Beschaffung

---

Leitfaden





## Inhaltsverzeichnis

---

<b>1. Einführung</b>	<b>5</b>	6.2 Eignungs- und Zuschlagskriterien	<b>22</b>
1.1 Warum LEDs in Kommunen?	<b>5</b>	6.3 Leistungsbeschreibung	<b>23</b>
1.2 Premium Light Pro unterstützt Kommunen beim Umstieg	<b>6</b>		
<b>2. Grundlagen der LED-Technologie</b>	<b>7</b>	<b>7. Beschaffung von Beleuchtungssystemen</b>	<b>24</b>
2.1 Leuchte, Lampe und Lichtquelle	<b>7</b>	7.1 Einführung	<b>24</b>
2.2 Aufbau der Lichtquelle	<b>7</b>	7.2 Allgemeine Anforderungen	<b>31</b>
2.3 Funktionen von Licht	<b>8</b>	7.2.1 Spezifikation des Beleuchtungssystems	<b>31</b>
2.4 Grundbegriffe der Lichttechnik	<b>8</b>	7.2.2 Lichtmanagement: Steuerungsfunktionen und Kommunikationssysteme	<b>31</b>
2.4.1 Lichtstrom	<b>8</b>	7.2.3 Lichtmanagement: Energieverbrauchs- und -monitoring	<b>32</b>
2.4.2 Beleuchtungsstärke	<b>8</b>	7.3 Auswahlkriterien	<b>32</b>
2.4.4 Farbwiedergabe	<b>9</b>	7.3.1 Know-how und Erfahrung des Planungs- und Installationsteams	<b>32</b>
2.4.5 Lichtausbeute	<b>9</b>	7.3.2 Kapazität des Bieters	<b>32</b>
2.4.6 Lebensdauer	<b>10</b>	7.3.3 Compliance mit EN und ISO Standards	<b>33</b>
2.4.7 Blendung	<b>10</b>	7.4 Technische Anforderungen (Mindestanforderungen und Zuschlagskriterien)	<b>33</b>
2.4.8 Reflexionsgrad	<b>11</b>	7.4.1 Energiebezogene Kriterien	<b>33</b>
2.4.9 Wartungswert	<b>11</b>	7.4.2 Qualitätskriterien	<b>34</b>
2.4.10 Lichtverschmutzung	<b>11</b>	7.4.3 Konformitätskennzeichnung	<b>38</b>
<b>3. Lichtplanung mit LEDs</b>	<b>12</b>	7.4.4 Lebenszykluskosten oder Gesamtkosten des Betriebes	<b>39</b>
3.1 Straßentypen und Beleuchtungsanforderungen	<b>14</b>	7.4.5 Vertragliche Aspekte	<b>40</b>
3.2 Steuerungssysteme für Straßenbeleuchtung	<b>16</b>	7.4.6 Reduktion von Abfall und Rückgewinnung von Materialien	<b>40</b>
3.2.1 Autarke Steuerung	<b>16</b>	7.5 Premium Light Pro Zuschlagskriterien – Gewichtung und Ergebnis	<b>41</b>
3.2.2 Tele-Management-Systeme	<b>16</b>		
3.2.3 Tageslichtnutzung	<b>17</b>		
3.2.4 Verkehrserkennung	<b>17</b>		
<b>4. Einsparpotenziale mit LED erkennen</b>	<b>18</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>42</b>
4.1 Lebenszyklusbetrachtung	<b>19</b>		
4.2 Betrachtungszeitraum festlegen	<b>19</b>		
<b>5. Finanzierung von Beleuchtungsprojekten</b>	<b>20</b>		
5.1 Fördermittel	<b>20</b>		
5.2 Beleuchtungs-Contracting	<b>21</b>		
<b>6. Vergaberechtliche Anforderungen</b>	<b>22</b>		
6.1 Wahl des Ausschreibungsverfahrens	<b>22</b>		





# 1. Einführung

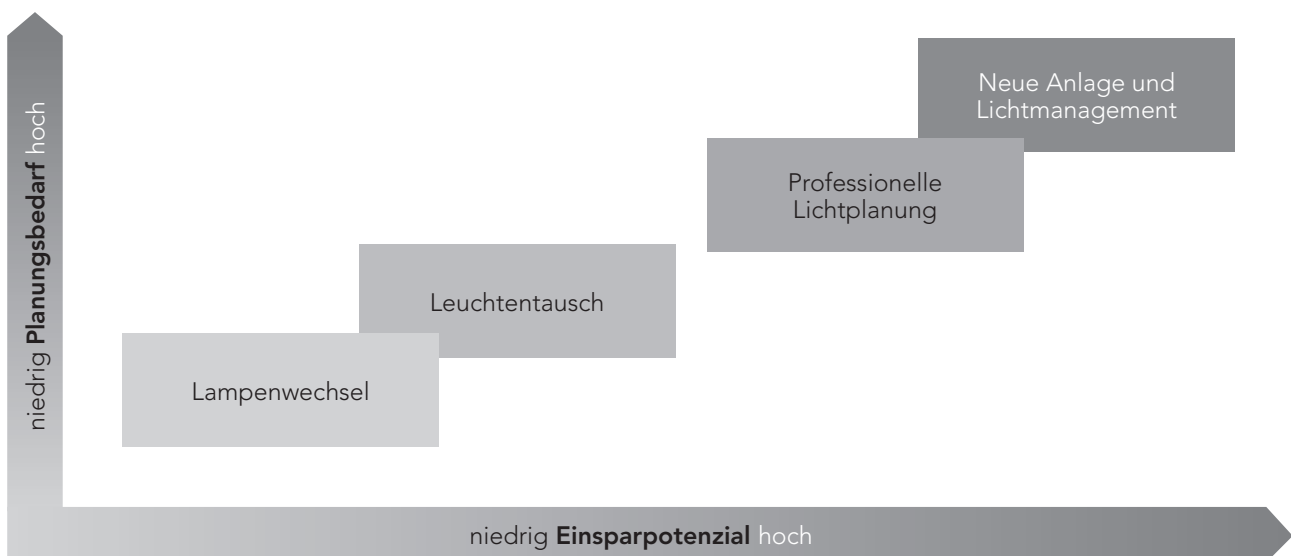
## 1.1 Warum LEDs in Kommunen?

Die Einführung der LED (Licht emittierende Diode) hat den Beleuchtungsmarkt revolutioniert. Sowohl in Puncto Lebensdauer, Energieverbrauch als auch bei Wartung und Entsorgung sind LEDs wahre Musterschüler. Gegenüber bisherigen Technologien ermöglicht sie hohe Energieeinsparungen: Laut der Deutschen Energie-Agentur wenden Kommunen rund 30 bis 50 Prozent für die Straßenbeleuchtung auf. Durch die energetische Modernisierung können davon bis zu 80 Prozent, insgesamt ca. 2,2 Mrd. kWh, eingespart werden.

Mit einer Lebensdauer von 30 bis zu 50.000 und mehr Stunden arbeiten LEDs deutlich länger als konventionelle Leuchten. Beispiel: Eine LED-Leuchte, die an 250 Arbeitstagen im Jahr jeweils elf Stunden in Betrieb ist, hält rund 18 Jahre lang. (ZVEI)

Städten und Gemeinden kommt bei der Umstellung auf die neue LED-Technologie eine zentrale Rolle zu. Als öffentliche Akteure übernehmen sie eine wichtige Vorbildfunktion für andere Anwender [BMU]. Gleichzeitig tragen Kommunen durch die Umstellung auf energieeffiziente Beleuchtung dazu bei, die Energiewende in Deutschland entscheidend voranzutreiben und nationale wie europäische Klimaschutzziele zu erreichen.

## Sanierungsoptionen und Einsparpotenzial



Quelle: licht.de

## 1.2 Premium Light Pro unterstützt Kommunen beim Umstieg

---

Auch wenn die LED-Technologie Kommunen große Potenziale bietet, tun sich viele Städte und Gemeinden mit dem Umstieg auf die energieeffiziente Beleuchtungstechnologie noch schwer. Die Entwicklung der LED-Technologie schreitet mit sehr hoher Geschwindigkeit voran und laufend erscheinen neue bessere Produkte auf dem Markt. Das schnelle Entwicklungstempo macht es kommunalen Entscheidungsträgern schwer, ihr Wissen auf dem aktuellen Stand zu halten.

Hier setzt die 2016 gestartete Kampagne „Premium Light Pro“ ([www.premiumlightpro.de](http://www.premiumlightpro.de)) an. Sie unterstützt Kommunen bei der Umstellung auf energieeffiziente LED-Beleuchtung. Ziel ist es, den Einsatz innovativer LED-Lösungen für Innen- und Außenbeleuchtung im öffentlichen und privaten Sektor weiter zu erhöhen. Dafür wurden im Rahmen der Kampagne Beschaffungskriterien sowie ein Bewertungssystem dieser entwickelt, mit denen die Entscheidungssicherheit in Kommunen im Vergabeprozess erhöht werden soll.

Der vorliegende Leitfaden vermittelt die Grundlagen zu technischen und vergaberechtlichen Grundlagen der LED-Technologie. Darüber hinaus finden Interessierte Links zu weiterführenden Informationen. Herzstück des Leitfadens sind die Beschaffungskriterien auf Seite 24, die im Rahmen des Projekts „Premium Light Pro“ entwickelt wurden, um Entscheidungssicherheit und Qualität im Vergabeprozess zu erhöhen. Diese werden jährlich aktualisiert und den aktuellen Entwicklungen in der Ökodesign-Richtlinie sowie der europäischen Gebäuderichtlinie angepasst.

Die Kampagne „Premium Light Pro“ wird in Deutschland von der gemeinnützigen co2online GmbH ([www.co2online.de](http://www.co2online.de)) umgesetzt und von der Europäischen Union im Rahmen des Programms Horizon 2020 gefördert. „Premium Light Pro“ wird gemeinsam mit acht Partnern in neun europäischen Ländern durchgeführt. Dazu zählen Dänemark, Deutschland, Großbritannien, Italien, Österreich, Polen, Portugal, Spanien und Tschechien. Der Fachverband Licht des Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. unterstützt die Kampagne in Deutschland inhaltlich.

# 2. Grundlagen der LED-Technologie



Während bei anderen Beleuchtungstechnologien seit langem keine großen Effizienzsteigerungen mehr zu verzeichnen waren, hat sich die LED in den letzten Jahren rasant weiterentwickelt. Vor allem bei der Effizienz, der Lichtausbeute, der Lebensdauer und Lichtqualität konnten riesige Fortschritte gegenüber der ersten LED-Generation erzielt werden. Doch worin unterscheiden sich LEDs von anderen konventionellen Technologien? Was macht sie so effizient? Und wie sind sie aufgebaut? Im folgenden Kapitel erklären wir wichtige Grundlagen und Begriffe der Lichttechnik.

## 2.1 Leuchte, Lampe und Lichtquelle

---

Um die Begriffe „Leuchte“, „Lampe“ und „Lichtquelle“ zu unterscheiden, wird auf die kürzlich erschienenen EU-Verordnungen 874/2012 (Energieverbrauchskennzeichnung von elektrischen Lampen und Leuchten) und 1194/2012 (Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Lampen mit gebündeltem Licht, LED-Lampen und dazugehörigen Geräten) verwiesen:

„Leuchte“ steht für ein Gerät, das Licht von einer oder mehreren Lampen verteilt, filtert oder umwandelt und das alle Teile enthält, die zum Stützen, Fixieren und Schützen der Lampen notwendig sind, und gegebenenfalls Schaltungshilfsmittel mit den nötigen Mitteln, um sie an die Stromversorgung anzuschließen.

Eine „Lampe“ ist als Einheit definiert, deren Leistung unabhängig beurteilt werden kann und die aus einer oder mehreren Lichtquellen besteht. Sie kann zusätzliche Komponenten beinhalten, die zum Start,

zur Stromversorgung, zum stabilen Betrieb der Einheit oder zur Verteilung, Filterung und Umwandlung der optischen Strahlung notwendig sind, wenn diese nicht entfernt werden können, ohne die Lampe zu beschädigen.

Der Begriff „Lichtquelle“ steht für eine Oberfläche oder ein Objekt, das konstruiert wurde, um durch Umwandlung von Energie hauptsächlich sichtbare optische Strahlung zu erzeugen. Der Ausdruck „sichtbar“ bezieht sich auf Wellenlängen zwischen 380 und 780 nm.

In diesem Kontext kann eine „Leuchte“ eine oder mehrere „Lampen“ enthalten, die wiederum mit einer oder mehreren Lichtquellen ausgestattet sein kann.

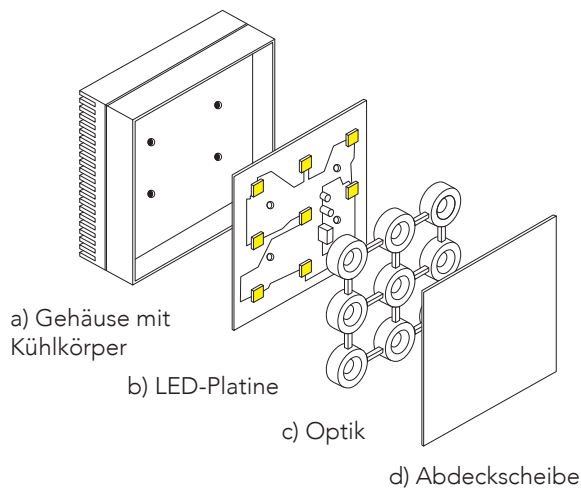
## 2.2 Aufbau der Lichtquelle

---

Abgesehen davon, dass LEDs Licht erzeugen, haben sie wenig mit bisherigen Leuchtmitteln gemein. Bei der LED handelt es sich um ein elektronisches Halbleiterbauelement, das Licht abgibt, sobald Strom hindurch fließt. Der eigentliche lichterzeugende Chip in einer LED baut sich aus mehreren Halbleiterschichten und Anschlusselementen auf. In der aktiven Schicht wird beim Betrieb der Diode über Gleichspannung Licht einer Wellenlänge (blaues Licht bei weißen LEDs) erzeugt. Im Halbleiter rekombinieren Elektronen und Löcher. Elektrische Energie wird über Elektrolumineszenz direkt in Licht (elektromagnetische Energie) umgewandelt.

LEDs sind in der Regel wie folgt aufgebaut:

Aufbau einer LED-Leuchte



Quelle: licht.de

## 2.3 Funktionen von Licht

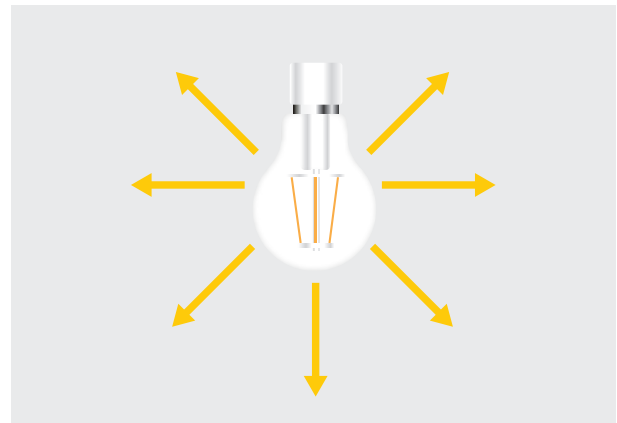
Mit dem Einsatz von Licht können unterschiedliche Ziele verfolgt werden. Allem voran hat Licht eine visuelle Funktion. Es soll störungsfreies Sehen und einen gewissen Komfort ermöglichen. In der Straßenbeleuchtung sorgt das richtige Licht für eine frühzeitige Gefahrenerkennung und erhöht somit die Sicherheit aller Verkehrsteilnehmer. Für Fußgänger ist zusätzlich die Gesichtserkennung – für die außerdem Farbkontraste gut wahrnehmbar sein müssen – äußerst wichtig. Studien haben gezeigt, dass Menschen Gesichter mindestens auf eine Distanz von 4 m erkennen müssen, um sich sicher zu fühlen. [LRT] Zudem erhöht die Wahl des richtigen Lichts die Aufenthaltsqualität.

## 2.4 Grundbegriffe der Lichttechnik

Die Planung von Beleuchtungsprojekten setzt die Kenntnis verschiedener Grundbegriffe der Lichttechnik voraus. Die wichtigsten Begriffe und Größen:

### 2.4.1 Lichtstrom

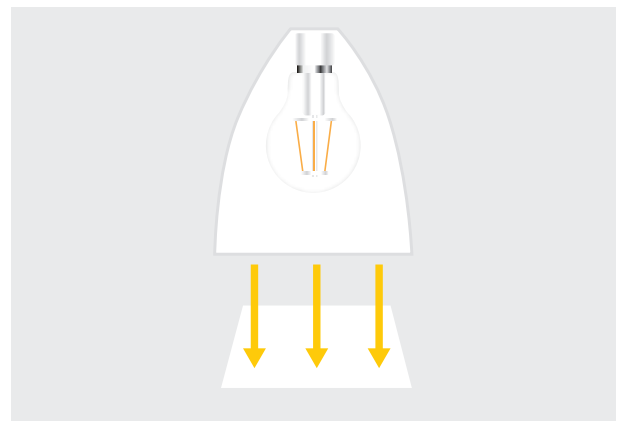
Der Lichtstrom dient als Maßstab für die vom menschlichen Auge wahrgenommene Gesamthelligkeit eines Leuchtmittels. Er gibt an, wie viel Licht eine Lichtquelle in alle Richtungen abgibt. Er beschreibt die gesamte Lichtleistung und wird in Lumen (lm) gemessen.



Quelle: licht.de

### 2.4.2 Beleuchtungsstärke

Die Beleuchtungsstärke ist der wichtigste Wert für die Beleuchtungsplanung. Sie beeinflusst welche Lampen in welcher Anzahl eingesetzt werden. Die Beleuchtungsstärke beschreibt, wie viel Licht auf eine Fläche fällt. Dazu wird der Quotient aus dem Lichtstrom und der beleuchteten Fläche bestimmt. Einheit für die Beleuchtungsstärke ist Lumen pro Quadratmeter. Sie wird in der Maßeinheit Lux (lx) angegeben. Außer für Autobahnen sind für die verschiedenen Straßentypen Mindestwerte für die Beleuchtungsstärke vorgeschrieben.



Quelle: licht.de

### 2.4.3 Lichtfarbe/Farbtemperatur

Farben haben eine starke Wirkung auf Körper, Geist und Seele des Menschen. Die Lichtfarbe eines Leuchtmittels wird bei der Planung einer biologisch wirksamen Beleuchtung berücksichtigt. Mit LEDs kann jede Lichtfarbe erzeugt werden. Je nachdem welches Halbleitermaterial verwendet wird, leuchtet die LED in Rot, Grün, Gelb oder Blau.



In Abhängigkeit davon, wie die dominante Farbe zusammengesetzt ist und welche Wellenlänge sie hat, kann weißes Licht verschiedene Farbtöne annehmen. Man spricht hierbei von der Farbtemperatur. Ist der Anteil kurzwelliger Blautöne hoch, so wird Licht als kalt wahrgenommen. Ist der Anteil langwelliger Spektralfarben hingegen hoch, so wirkt das Licht warm. Gemessen wird die Farbtemperatur von LED-Leuchten in Kelvin.

**Tabelle 1** Lichtfarben der Lichtquellen

Lichtfarbe	Farbtemperatur in Kelvin
warmweiß	2.700 – 3.300
neutralweiß	3.300 – 5.300
tageslichtweiß/ kaltweiß	> 5.300

Die normalerweise für Straßenbeleuchtung verwendete Lichtfarbe variiert zwischen gelblich, neutral und bläulich-weiß, was einer Farbtemperatur zwischen 2.500 und 5.000 Kelvin entspricht. Verantwortlich dafür ist die jeweilige Wahl des konventionellen Beleuchtungsquellen: Das von Natriumdampflampen ist beispielsweise gelblich, von Quecksilberdampflampen blauweiß. In Mittel- und Nordeuropa liegt die Präferenz eher bei „warmweißem“ Licht.

Die Forschung zeigt, dass weißes Licht die Wahrnehmung des menschlichen Auges besser unterstützt als gelbliches Licht. Demzufolge kann weißes Licht (z.B. 4.000 K) für komplexe Verkehrssituationen mit unterschiedlichen Verkehrsteilnehmern (Autos, Radfahrer, Fußgänger) besser geeignet sein.

Im Gegensatz dazu kann sich Licht mit niedrigerer Farbtemperatur bzw. warmweißes Licht gut für Wohngebiete eignen, weil es als angenehmer empfunden wird.

Im Großen und Ganzen ist die Auswahl der Farbtemperatur ein wichtiger Aspekt in der Planung von Straßenbeleuchtung.

Neben der Farbtemperatur wird die sogenannte Chromatizität, die Koordinaten einer Lichtfarbe im Farbspektrum, dazu verwendet, um die Gleichmäßigkeit der Farbe einer speziellen Lampe zu beschreiben. Diese Farbkoordinaten können ebenso dazu verwendet werden, die Änderung der Lichtfarbe mit der Zeit zu beschreiben. Unterschiede

in der Lichtfarbe in einer Reihe von Lampen oder über einen bestimmten Zeitraum werden durch sogenannte MacAdam-Ellipsen beschrieben. Die Farbkonsistenz einer bestimmten Lampe oder eines bestimmten Leuchtentyps kann über die Größe dieser MacAdam-Ellipse bestimmt werden. Für die Farbkonsistenz einer Reihe von Lampen oder über einen Zeitraum hinweg könnten ebenfalls Beschaffungskriterien festgelegt werden. Mindestanforderungen an Produkte, die innerhalb der EU verkauft werden, sind momentan in den gültigen EU-Vorschriften festgelegt. Die momentane Mindestanforderung entsprechend der Ökodesign-Richtlinie ist eine 5-Stufen-MacAdam-Ellipse. Mehr Infos unter: [www.premiumlightpro.de/zwei-leitfaden](http://www.premiumlightpro.de/zwei-leitfaden)

#### 2.4.4 Farbwiedergabe

Die Farbwiedergabe einer Lichtquelle bezeichnet die Wirkung, die ihr Licht auf farbigen Gegenständen hervorruft. Sie wird durch den sogenannten Farbwiedergabeindex (CRI) mit der Einheit (Ra) dargestellt. Je höher der CRI ist, desto wirklichkeitstreu werden die Farben wiedergegeben.

**Tabelle 2** Farbwiedergabe für Straßenbeleuchtungssysteme [BG]

Lampentyp	CRI
Hochdruck-Quecksilber	40 – 60
Metallhalogenid	70 – 95
Niederdruck-Natrium	einfarbig
Hochdruck-Natrium	20
LED	80 +

Der Farbwiedergabeindex von LED-Leuchten liegt in der Regel über 80. Für Straßen mit einem einfachen Gebrauchsmuster genügt aber oft auch ein Farbwiedergabeindex von Ra 70. Für komplexere Situationen können Werte über 80 besser geeignet sein.

Abschließend sind sowohl die Lichtfarbe (Farbtemperatur) als auch die Farbwiedergabe einer Lichtquelle wichtig für die Sichtbarkeit und Wahrnehmung von Objekten in der Umgebung.

#### 2.4.5 Lichtausbeute

Die Lichtausbeute ist das Maß für die Effizienz von Lichtquellen. Sie gibt an, wie viel Energie für einen bestimmten Lichtstrom aufgewendet werden muss.

Die Lichtausbeute wird in Lumen pro Watt (lm/W) angegeben. Je höher der Wert, desto effizienter ist das Leuchtmittel. Im Falle von LED wird der Wert für das Modul angegeben. In der Anwendung ist es allerdings wichtig, die Effizienz des gesamten Beleuchtungssystems (Lichtquelle, Leuchte, Optiken und Betriebsgeräte) zu betrachten.

### 2.4.6 Lebensdauer

Die Lebensdauer von LEDs wird üblicherweise mit der Bemessungslebensdauer angegeben. Bei LEDs lässt die Helligkeit mit steigender Betriebsdauer ab – sie „degradieren“. Die Bemessungslebensdauer (L) beschreibt deshalb, nach welcher Zeit der Lichtstrom des Leuchtmittels auf einen angegebenen Wert gesunken ist. Die Angabe der Lebensdauer  $L_{80}$ , 50.000 Stunden für eine Leuchte bedeutet somit zum Beispiel, dass 50% dieser Leuchten nach 50.000 Betriebsstunden noch 80 Prozent ihres im Neuzustand verfügbaren Bemessungslichtstroms erzeugt.

Bei qualitativ hochwertigen LEDs ist eine Lebensdauer von 100.000 Stunden Standard.

Im Gegensatz zu konventionellen Lampen ist ein Totalausfall bei LED-Lichtquellen äußerst selten. Sie sind nach dem Einbau in eine Beleuchtungsanlage praktisch wartungsfrei. Einzig die Helligkeit, also der Lichtstrom, nimmt über die Betriebsdauer leicht ab.

Totalausfall und die Verminderung des Lichtstroms einer Leuchte hängen von den elektrischen und thermischen Betriebsdaten, der Umgebungstemperatur und anderen Parametern ab. Zudem ist ebenfalls die Lebensdauer der Kontrollgeräte zu berücksichtigen.

Je kühler die LED betrieben wird, desto länger ist ihre Lebensdauer und umso höher ist ihre Effizienz.

### 2.4.7 Blendung

Blendung ist ein unangenehmer optischer Effekt, der durch eine ungünstige Verteilung von Helligkeit oder hohen Kontrasten verursacht wird und das Auge zur schnellen Anpassung zwingt [siehe EN 12665-1]. Typischerweise werden zwei Arten von Effekten unterschieden:

- Physiologische Blendung, die durch Streuung von Licht im Auge verursacht wird und dessen Kontrastempfindlichkeit verringert,
- und psychologische Blendung, die ein subjektives Gefühl von Unbehagen auslöst.

Da physiologische Blendung die Wahrnehmung von schwachen Kontrasten beeinträchtigt, kann sie wichtige Aufgaben im Verkehr behindern, wie das frühzeitige Erkennen von Hindernissen, und die Bewertung kritischer Ereignisse. Aus diesem Grund ist Blendung auch eine Gefahr für andere Verkehrsteilnehmer. Durch LED-Straßenbeleuchtung ausgelöste Blendung wird durch folgende Faktoren beeinflusst:

- das Verhältnis der Beleuchtungsstärke der Blendungsquelle im Auge und der Hintergrundleuchtdichte
- der Winkel zwischen der Blendungsquelle und der Sichtlinie des Beobachters.

LED-Leuchten haben je nach Aufgabe hohe Leuchtdichten die durch ein optisches System begrenzt werden.

Die Leuchtdichte der Lichtquelle muss so gewählt werden, dass es nicht zur Blendung kommt. Mit einer normgerechten Beleuchtung kann dies vermieden werden. Hier ist zu beachten, dass Lampen mit optischen Systemen auch außerhalb der Leuchte beleuchten können und hier Blendung auftreten kann.

Durch ständige Helligkeitsänderungen können die Augen überanstrengt werden, was vor allem auf langen Straßen vermieden werden sollte. Vor allem auf Fußgänger wirken sich ständige Helligkeitsänderungen ermüdend aus.

Es wurden verschiedene Einstufungen für physiologische und psychologische Blendung eingeführt, um mehrere Abschirmungsniveaus zu unterscheiden. Abschirmungsklassen für physiologische Blendung beinhalten die Klassen G1 bis G6 und werden in EN 13201-2 beschrieben. Abschirmungsklassen für psychologische Blendung werden mit D1 bis D6 angegeben (siehe Tabellen 3 und 4).

**Tabelle 3** Abschirmungsklassen für physiologische Blendung [EN13201-2 und VEJ]

Abschirmungs- klasse	höchste Leuchtstärke in cd/klm			Gesamte Abschirmung
	bei 70°	80°	90°	
bei				
G1		200	50	keine Anforderungen
G2		150	30	keine Anforderungen
G3		100	20	keine Anforderungen
G4	500	100	10	null über 95°
G5	350	100	10	null über 95°
G6	350	100	0	null über 95°

**Tabelle 4** Einteilung für psychologische Blendung [VEJ]

Blendungsklasse	
D0	nicht spezifiziert
D1	7.000
D2	5.500
D3	4.000
D4	2.000
D5	1.000
D6	500

### 2.4.8 Reflexionsgrad

Der Reflexionsgrad (in  $\rho$ ) beschreibt, wie viel des auf eine Fläche treffenden Lichtstroms reflektiert wird. Während dunkle Oberflächen eine hohe Beleuchtungsstärke benötigen, um einen bestimmten Helligkeitseindruck zu vermitteln, ist bei helleren Flächen eine deutlich geringere Beleuchtungsstärke nötig.

### 2.4.9 Wartungswert

Der Wartungswert ( $\bar{E}_m$ ) beschreibt den Mittelwert der Beleuchtungsstärke, der nicht unterschritten werden darf. Aufgrund von Alterung, Ausfall und Verschmutzung nehmen die Beleuchtungsstärke bzw. die Leuchtdichte im Laufe der Betriebsdauer ab und sind damit nicht konstant. Für verschiedene Situationen im Straßenverkehr und bei der Außenbeleuchtung sind entsprechende Wartungswerte definiert.

### 2.4.10 Lichtverschmutzung

Unerwünschtes Licht im Außenbereich wird auch Lichtverschmutzung genannt. Bei Menschen geht dies von der Erhellung des Nachthimmels in und im Umkreis von Städten, bis hin zu Schlafstörungen durch Außenbeleuchtung in Wohngebieten. Tiere verwenden auf der anderen Seite natürliche Lichtquellen als Navigationshilfe und können so durch künstliche Beleuchtung verwirrt oder verschreckt werden. Viele Tiere nehmen außerdem Licht in anderen Wellenlängenbereichen stärker wahr als Menschen.

Studien haben gezeigt, dass LED-Lampen weniger Insekten anziehen als andere Lichtquellen, die als Straßenbeleuchtung verwendet werden, wobei „warmweiße“ LEDs (Farbtemperatur von 3.000 K) deutlich weniger Insekten anziehen als „kaltweiße“ LEDs (6.000 K). [SdN]

Ein Weg, um die Lichtverschmutzung zu reduzieren, ist die Verwendung von Leuchten, die das Licht ausschließlich auf die zu beleuchtenden Flächen ausrichten.

# 3. Lichtplanung mit LEDs



Sicherheit auf Straßen und Wegen wird im hohen Maße durch die richtige Beleuchtung beeinflusst. Dabei sind die lichttechnischen, normativen und gestalterischen Anforderungen ausgesprochen hoch und erfordern das umfangreiche Wissen von Fachleuten und Planern [ZVEI].

Die Anforderungen an die Beleuchtung werden durch das Gefährdungspotenzial des jeweiligen Straßenabschnitts bestimmt. Mit zunehmender Verkehrsstärke erhöht sich auch die Kollisionsgefahr. Wird der Raum auf und neben der Straße zudem noch von unterschiedlichen Verkehrsteilnehmern wie Autofahrern, Radfahrern und Fußgängern genutzt, ist die Gefährdung noch deutlich höher, da große Unterschiede in Geschwindigkeit, Objektgröße und Erkennbarkeit vorliegen [ZVEI].

Ein weiterer Parameter ist die Übersichtlichkeit der Straße, die stark abhängig ist vom Straßenverlauf, von ihrem Ausbau und den erlaubten Höchstgeschwindigkeiten. Alle diese Faktoren sind bei der Festlegung des Beleuchtungsniveaus zu berücksichtigen.

Je größer das Unfallrisiko, desto mehr Licht muss die Straßenbeleuchtung zur Verfügung stellen.

## Beleuchtungsniveau

Das Beleuchtungsniveau ist eines der wichtigsten Kriterien kommunaler Beleuchtung. Hier unterscheidet man für die Planung nach den zulässigen Geschwindigkeiten. Bei Geschwindigkeiten über 30km/h, wie sie zum Beispiel auf Hauptverkehrsstraßen, Autobahnen oder auch in Tunneln gefahren werden, wird die Leuchtdichte (Candela pro m<sup>2</sup>) herangezogen. Bei Geschwindigkeiten bis 30km/h, beispielsweise in verkehrsberuhigten Zonen oder auf Parkplätzen, ist hingegen die Beleuchtungsstärke (Lux) maßgeblich.

## Fahrbahnleuchtdichte

Die Leuchtdichte (L) auf der Fahrbahn wird im Wesentlichen durch die Beleuchtungsstärke und die Reflexionseigenschaften der zu beleuchtenden Flächen bestimmt. Die Beleuchtungsstärke ist wiederum abhängig von der Anzahl und Anordnung der Lichtquellen und deren räumlicher Lichtstärkeverteilung sowie dem Lichtstrom der verwendeten Lichtquelle.

## Reflexionsgrad

Je dunkler und matter die Oberfläche, desto geringer ist deren Reflexionsgrad – umso heller muss die Straße oder das Objekt ausgeleuchtet werden. Planer erhalten Hilfestellung bezüglich der empfohlenen Mindest-Beleuchtungsstärken in den CIE-Publikationen 94:1993 und CIE 136:2000, die auch den Reflexionsgrad der angestrahlten Fläche berücksichtigen.

## Verkehrssicherungspflicht

Um Kosten einzusparen, schalten manche Kommunen in den weniger frequentierten Nachtstunden zwischen 23 und 5 Uhr jede zweite Leuchte ab. Dabei entstehen bei einer teilweisen Beleuchtung gefährliche dunkle Bereiche. Diese sogenannten „Tarnzonen“, erhöhen die Unfallgefahr deutlich. Mit dieser zweifelhaften Einsparung verletzt der dafür verantwortliche Träger seine Verkehrssicherungspflicht. Kommt es zu Unfällen, folgen Gerichtsprozesse und Schadensersatz- bzw. Schmerzensgeldforderungen. Nach DIN EN 13201 muss die vor dem Kraftfahrer liegende Fahrspur besondere Anforderungen im Hinblick auf gleichmäßige Verteilung der Leuchtdichte bzw. Beleuchtungsstärke erfüllen.

In einem Urteil vom 03. Mai 2013 hat das Landgericht Limburg die Stadt Herborn zu einer Zahlung von Schmerzensgeld an einen Passanten verurteilt, der sich nachts bei ausgeschalteter Straßenbeleuchtung verletzt hatte.



Quelle: licht.de

Um ein solches Gefahrenpotential auszuschließen und dennoch energieeffiziente Lösungen zu nutzen, bietet sich die Verwendung neuer Technologien an, wie der Einsatz moderner regel- und dimmbarer Leuchten mit LED-Bestückung. Hierbei wird das Beleuchtungsniveau aller Leuchten eines Straßenverlaufes elektronisch heruntergeregelt und dunkle Zonen vermieden.

### Vorgehensweise zur Bestimmung der Güteermerekmale in der Straßenbeleuchtung

In der DIN 13201 werden die örtlichen Gegebenheiten in mehreren Schritten klassifiziert und Güteermerekmale für die Beleuchtung festgelegt. Die Vorgehensweise zur Ermittlung der lichttechnischen Anforderungen im Überblick:

- 1 Einordnung und Klassifizierung des Verkehrsweges in die Beleuchtungssituationen A1 bis E2 nach DIN 13201-1 (siehe Abbildung).
- 2 Ermittlung der Beleuchtungsklasse anhand der betreffenden Basis- und Zusatztabellen (1.4-13) nach DIN 13201-1 und DIN EN 13201-2.
- 3 Bestimmung der lichttechnischen Anforderungen an die Beleuchtung gemäß Tabellen 1.4-16 bis 1.4-18.

**Tabelle 5** Beleuchtungssituationen nach DIN EN 13201

Situation	Geschwindigkeit des Hauptnutzers	Hauptnutzer	Andere zugelassene Nutzer	Ausgeschlossene Nutzer	Anwendungsbeispiele
A1	> 60 km/h Radfahrer	Motorisierter Verkehr		Langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer, Fußgänger	Autobahnen und Kraftfahrstraßen
A2			Langsam fahrende Fahrzeuge	Radfahrer, Fußgänger	Höherrangige Landstraßen, ggf. mit separatem Rad- und Fußweg
A3			Langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer, Fußgänger		Nachgeordnete Landstraßen
B1	30 km/h bis 60 km/h	Motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge	Radfahrer, Fußgänger		Hauptverkehrsstraßen, Verbindungsstraßen, Sammelstraßen
B2		Motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer	Fußgänger		
C1	5 km/h bis 30 km/h	Radfahrer	Fußgänger	Motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge	Radwege, Rad-/Fußwege
D1	5 km/h bis 30 km/h	Motorisierter Verkehr, Fußgänger		Langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer	Autobahnrastanlagen
D2			Langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer		Bahnhofsvorplätze, Busbahnhöfe, Parkplätze
D3		Motorisierter Verkehr, Radfahrer	Langsam fahrende Fahrzeuge, Fußgänger		Anlieger- und Wohnstraßen, Zone 30 km/h-Straßen (meist mit Gehweg)
D4		Motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer, Fußgänger			Anlieger- und Wohnstraßen, Zone 30 km/h-Straßen (meist ohne Gehweg)
E1	Schrittgeschwindigkeit	Fußgänger		Motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer	Fußgänger- und Einkaufszonen, Fußwege
E2			Motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer		Fußgänger- und Einkaufszonen mit Lade- und Zubringerverkehr, verkehrsberuhigte Zonen (Spielstraßen)

### 3.1 Straßentypen und Beleuchtungsanforderungen

Je nach Straßentyp und Verkehrssituation muss die Beleuchtung unterschiedlichen Anforderungen genügen. Durch eine ausreichend hohe Beleuchtung und gleichmäßiges Beleuchtungsniveau können Verkehrsteilnehmer mögliche Hindernisse oder Gefahrensituationen rechtzeitig erkennen. Zudem stärkt das passende Licht das subjektive Wohlbefinden und Sicherheitsgefühl.

#### Hauptverkehrsstraßen

Hauptverkehrsstraßen sind von unterschiedlichen Verkehrsteilnehmern hoch frequentiert: vom Motorrad, über Bus, LKWs und unterschiedlich schnellen PKWs. Bushaltestellen, Fußgängerüberwege, Kreuzungen und eventuell ablenkende Schaufenster oder Lichtreklame erhöhen die Komplexität der Fahraufgaben.

Nutzen alle Verkehrsteilnehmer wie Autofahrer, Fahrradfahrer und Fußgänger den Straßenraum gemeinsam, muss die Beleuchtung anders gestaltet werden, als wenn die Fahrradwege und Bürgersteige komplett voneinander abgetrennt sind.

Wichtigstes Kriterium ist die Fahrbahnleuchtdichte, welche von der Position der Leuchten, dem Lichtstrom der Lampen, der Blendungsbegrenzung sowie den Reflexionseigenschaften der Straßenoberfläche abhängig ist. Das Helligkeitsniveau angrenzender Rad- und Fußwege muss der Fahrbahnelligkeit der Straße angepasst sein, um eine Gleichmäßigkeit bei der Beleuchtung zu gewährleisten.

Die DIN 13201-1 bietet eine detaillierte Auswahlmatrix an, mit der sich das notwendige Beleuchtungsniveau ermitteln lässt.

#### Nebenstraßen und verkehrsberuhigte Zonen

Je nach örtlichen Begebenheiten und wie komplex die jeweiligen Fahr- und Sehaufgaben sind, empfiehlt sich eine Beleuchtungsstärke von zwei bis 15 Lux. Geparkte Autos, Fahrradfahrer, Fußgänger und dergleichen müssen rechtzeitig erkannt werden. Daher gilt es Fahrbahn und Randbereiche ausreichend zu beleuchten. Allerdings ist hierbei zu vermeiden, die Wohnqualität durch Lichtverschmutzung (siehe Kapitel 2.4.10) zu beeinträchtigen. Moderne LED-Anlagen beleuchten ausschließlich relevante Bereiche der Straße, Rad- und Fußgängerwege. Streulicht lässt sich dadurch auf ein Minimum reduzieren.

#### Fußgängerzonen und öffentliche Plätze

Die Beleuchtung von innerstädtischen Bereichen muss Passanten Sicherheit bieten und bei der Orientierung behilflich sein. Auf der anderen Seite soll das Licht eine einladende und reizvolle Atmosphäre schaffen, die zum Verweilen einlädt.

Durch helle, ansprechend gestaltete Plätze lassen sich der Umsatz im Einzelhandel und in der Gastronomie fördern und gleichzeitig das Kriminalitätsrisiko senken. Zusätzlich spielt die Ästhetik ebenfalls eine große Rolle. So kann akzentuiertes Licht beispielsweise Bauwerke, Wahrzeichen und ähnliches in Szene setzen. Zudem prägen die Leuchten auch tagsüber das Stadtbild.

Es gilt Lichtverschmutzung zu vermeiden (siehe Kapitel 2.4.10) und die richtigen Farbtemperaturen zu wählen, die weniger nachtaktive Insekten und Tiere anziehen.

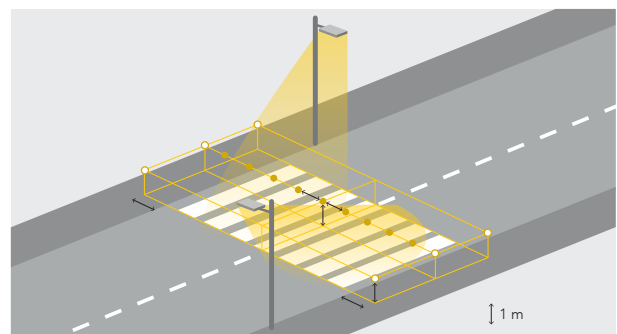
#### Fußgängerüberwege

Die Beschaffenheit der Fußgängerüberwege ist gesetzlich sehr genau geregelt: Nicht nur hinsichtlich der Markierung auf der Straße und mit Zeichen 293 (Zeichen für Zebrastreifen) der Straßenverkehrsordnung (StVO), sondern auch hinsichtlich der Beleuchtung. Schließlich soll die Sicherheit der querenden Fußgänger auch bei Dunkelheit gewährleistet sein. Es gelten dafür bundesweit die „Richtlinien für die Anlage und Ausstattung von Fußgängerüberwegen – R-FGÜ 2001“.

#### Vorgaben für Fußgängerüberwege

Mindestanforderungen nach DIN 67523

- Mittlere vertikale Beleuchtungsstärke ( $E_{mit}$ ) mindestens 30 Lux
- Minimale vertikale Beleuchtungsstärke ( $E_{min}$ ) mindestens 4 Lux



Quelle: licht.de

Während Fußgängerüberwege, die über eine Lichtzeichenanlage (Fußgängerampel) verfügen, beleuchtungstechnisch als sogenannte Konfliktzone im Straßenraum betrachtet und entsprechend beleuchtet werden, sind an den mit Zeichen 293 markierten Überwegen besondere Regeln zu beachten. Hier müssen



Fußgänger auch bei Dunkelheit oder regennasser Fahrbahn aus beiden Fahrtrichtungen gut erkennbar sein – und zwar sowohl auf dem Überweg selbst als auch bereits auf der Wartefläche am Straßenrand. Es ist daher meist eine zusätzliche, ortsfeste Beleuchtung notwendig, deren Ausführung in den Normen DIN 13201 und DIN 67523 festgelegt ist.

Wo im Straßenraum die Voraussetzungen für die Einrichtung eines „richtigen“ Fußgängerüberwegs nicht gegeben sind, können sogenannte Querungshilfen die Fußgänger beim Überqueren der Straße unterstützen. Dazu zählen Maßnahmen wie die Verengung der Fahrbahn durch Vorziehen der Seitenräume, Teilaufpflasterungen oder Fahrbahnteiler. Eine Beleuchtungspflicht besteht hier nicht, aber laut den „Empfehlungen zur Beleuchtung von Fußgänger-Querungshilfen“ des DIN-Normenausschusses FNL 11 verbessert eine Ausleuchtung gemäß DIN EN 13201 die Wahrnehmung dieser Zonen für alle Verkehrsteilnehmer.

### **Konfliktzonen**

Wenn sich Verkehrsströme kreuzen und verschiedenartige Verkehrsteilnehmer begegnen, entstehen besondere Gefahrensituationen. Für solche Gefahrenstellen und ihre Beleuchtung definiert die Norm daher den Begriff der „Konfliktzonen“. Darunter fallen Kreuzungen und Einmündungen, Kreisverkehrsanlagen, Haltebuchten für Busse, Mautstellen, Baustellen, Querungshilfen für Fußgänger und Fußgängerüberwege.

Die Bewertungskriterien bei Konfliktzonen werden nach EN 13201 geregelt und sind abhängig von Beleuchtungssituation, Geschwindigkeit und Art der Verkehrsteilnehmer.

Für Konfliktzonen ist ein angemessenes erhöhtes Beleuchtungsniveau erforderlich. Da kein einheitlicher Beobachterstandort festgelegt werden kann, bilden anstatt der Leuchtdichte die mittlere horizontale Beleuchtungsstärke sowie die Gleichmäßigkeit die wichtigsten Kriterien. Dabei ist zu beachten, dass das höhere Beleuchtungsniveau nicht mit stärkerer Blendung einher geht, sondern dass Leuchten mit gutem Sehkomfort zum Einsatz kommen.

Die Norm sieht hierfür ein gestaffeltes Vorgehen vor, das sich an der Fläche mit den höchsten Anforderungen an die Beleuchtungskategorie orientiert. Ausgangspunkt ist das Beleuchtungsniveau der zuführenden Straße mit der höchsten Beleuchtungskategorie. Der Sprung zwischen angrenzenden Flächen darf nicht mehr als zwei Beleuchtungsklassen betragen.

Empfehlenswert sind darüber hinaus sogenannte Adaptationsstrecken vor Beginn und nach Ende der Konfliktzone, die sprunghafte Helligkeitsniveaus ausgleichen und eine Anpassung des Auges ermöglichen – insbesondere dort, wo der Verkehr Geschwindigkeiten von 50 km/h und mehr erreicht.

### **Parks und Grünanlagen**

Wenn es dunkel wird, kann sich das positive Lebensgefühl in Parks und Grünanlagen sehr schnell in Unsicherheit verwandeln. Tagsüber fröhliche Orte erscheinen in der Nacht bedrohlich. Künstliche Beleuchtung kann nicht das gleiche Sicherheitsgefühl wie am Tag erzeugen. Dennoch kann sie einiges leisten, damit sich auch in der Dunkelheit Personen sicher bewegen können.

Wichtig ist dabei, dass entgegenkommende Personen möglichst schnell erkannt und durch das Erkennen des Gesichts eingeschätzt werden können. Hier unterstützt vor allem eine normgerechte, halbzyindrische Beleuchtungsstärke, die die Gesichter plastisch erkennbar macht. Eine Beleuchtung, die den Wegeverlauf in Parks nachzeichnet, verbessert die Orientierung. Damit Fußgänger und Fahrradfahrer Hindernisse und die Beschaffenheit des Weges rechtzeitig erkennen, sollte die Beleuchtungsstärke in Bewertungsbereichen 0,6 bis 8 Lux aufweisen.

Wie im Falle von öffentlichen Plätzen, lassen sich auch in Parks und Grünanlagen durch Licht besondere Akzente setzen. Tagsüber haben die Leuchten eine dekorative Funktion.

### **Bahnhofsvorplätze, Busbahnhöfe und Parkplätze**

Für ankommende Gäste fungieren Bahnhofsvorplätze, Busbahnhöfe und Parkplätze auch als eine Visitenkarte der Stadt. Für eine gute Orientierung sollten sie sich durch eine eigenständige Beleuchtung vom Umfeld abheben. Fahrgäste und Fahrer erleichtert dies die Orientierung. Haltebereiche lassen sich zusätzlich mit Licht markieren, was besonders bei unterschiedlichen Trittebenen den sicheren Ein- und Ausstieg ermöglicht. Für die Aufenthaltsqualität auf Bahnhofsvorplätzen und Busbahnhöfen ist auch das subjektive Sicherheitsgefühl bedeutsam, insbesondere hinsichtlich des Kriminalitätsrisikos.

Nach DIN 13201 ist das lichttechnische Bewertungskriterium für Busbahnhöfe und Bahnhofsvorplätze die mittlere horizontale Beleuchtungsstärke. Der Wertungswert (siehe Kapitel 2.4.9) muss 7,5 Lux bis 20 Lux betragen. Im Bewertungsfeld müssen mindestens 0,6 Lux bis 7,5 Lux erreicht werden.

Bei Parkplätzen hat die Unfallprävention oberste Priorität, denn Autofahrer und Fußgänger begegnen sich auf engem Raum. Zudem dient die Beleuchtung der Orientierung und dem frühzeitigen Erkennen von Hindernissen. Besondere Gefahrenpunkte sind Ein- und Ausfahrten, wo sich die Ströme unterschiedlicher Verkehrsteilnehmer begegnen. Die Gefahrenpunkte lassen sich durch entsprechende Anordnung der Leuchten hervorheben.

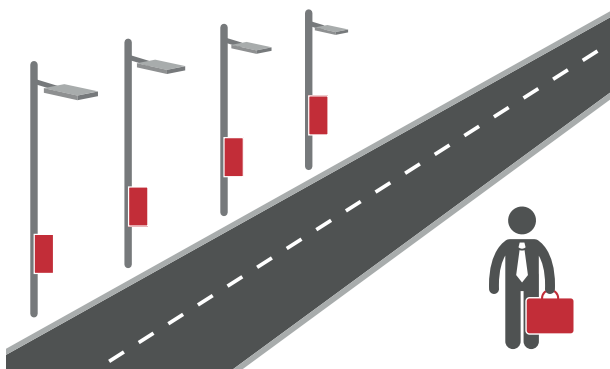
Sicherheit vor Kriminalität ist auch auf Parkplätzen ein Thema: Ausreichendes Beleuchtungsniveau mit hohen vertikalen Lichtanteilen beugt Fahrzeugeinbrüchen und -diebstählen vor und senkt das Risiko von Überfällen.

## 3.2 Steuerungssysteme für Straßenbeleuchtung

Eine aktive Steuerung von Straßenbeleuchtung ermöglicht deutliche Energieeinsparungen, beispielsweise durch Dimmen. Potentielle Einsparungen müssen aber zunehmender Komplexität und höheren Kosten gegenübergestellt werden. Es gibt zwei Typen von Beleuchtungssteuerungssystemen, basierend auf der Art ihrer Steuerung: autarke Steuerung und Tele-Management-Systeme.

### 3.2.1 Autarke Steuerung

Bei autarker Straßenbeleuchtungssteuerung sind die Leuchten mit fixen Betriebszeiten programmiert. Dies ist eindeutig die einfachste und billigste Lösung, da sie keine weitere Steuerung und Netzwerke benötigt. Da die Programmierbarkeit aber meistens beschränkt ist, besteht oft keine Möglichkeit, die Leuchten an Wochenenden oder Feiertagen anzupassen. Außerdem kann die interne Zeitschaltung ungenau sein und jedes Upgrade des Systems oder Änderung der Programmierung muss an jeder Leuchte vorgenommen werden.



Autarke Steuerung

Als Alternative können Sensoren an jeder Lampe das Umgebungslicht detektieren und entscheiden, ob sie die Lampe einschalten. Dies führt jedoch zu zusätzlichen Kosten für Anschaffung, Wartung und Reinigung.

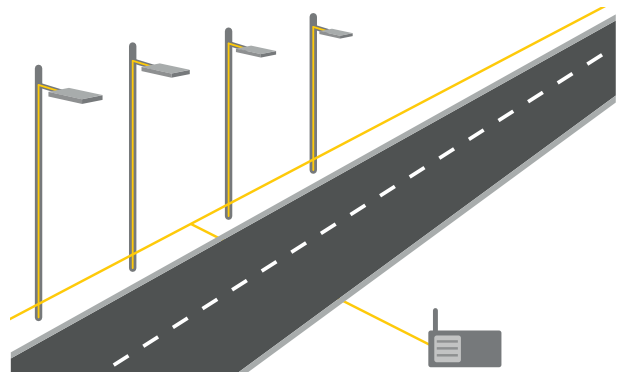
### 3.2.2 Tele-Management-Systeme

Anders als bei der autarken Lichtsteuerung werden bei Tele-Management-Systemen die Leuchten von einer zentralen Steuereinheit geregelt. Jeder Lichtpunkt bekommt eine eigene Adresse zugewiesen, wodurch er exakt gesteuert und überwacht werden kann. In der anderen Richtung können Informationen der Beleuchtungsanlage, wie beispielsweise Störungen, ausgewertet werden. Die Datenübertragung erfolgt entweder über das Powerline-Verfahren oder mittels einer Funklösung [ZVEI].

Allerdings ist die Technik in puncto Installation und Programmierung relativ komplex. Für das System verantwortliche lokale Entscheidungsträger sind entsprechend zu schulen.

#### Powerline-Verfahren

Bei einer Lichtsteuerung über Powerline werden die Steuersignale über die vorhandenen Stromleitungen übertragen. Ein entsprechender Empfänger nimmt das Powerline Signal auf und wandelt es auslesbar um. Der Vorteil der Powerline Lösung liegt in einem Höchstmaß an Flexibilität und Sicherheit.



Tele-Management-System: Powerline-Verfahren

#### Funklösung

Im Gegensatz zum Powerline-Verfahren wird bei einer Funklösung das Steuerungssignal nicht über das Stromnetz, sondern per Funk (WLAN) übertragen. Damit das Signal alle Beleuchtungsanlagen erreicht, müssen eventuell Signalverstärker (Repeater) zum Einsatz kommen.





Tele-Management-System: Funklösung

### 3.2.3 Tageslichtnutzung

Im Gegensatz zu astronomischen Timern verwenden Tageslichtnutzungsstrategien Photosensoren, um das Umgebungslicht zu messen und steuern die künstliche Beleuchtung, wenn das Umgebungslicht unter oder über bestimmte Schwellwerte fällt oder steigt. Besonders gut funktioniert dieser Ansatz mit Dimmen, da die Beleuchtung sowohl an lange Dämmerungsperioden als auch an schlechtes Wetter angepasst werden kann.

Die Photosensoren benötigen allerdings regelmäßige Reinigungsmaßnahmen, um fehlerfreien Betrieb sicherzustellen. Außerdem muss entschieden werden, ob ein einzelner Photosensor die Beleuchtung eines großen Bereichs steuert oder ob Lampengruppen oder sogar einzelne Lampen ihren eigenen Sensor haben. Ersteres verringert zwar die Komplexität des Systems, kann aber nicht auf alle lokalen Bedingungen reagieren und stellt einen einzelnen Ausfallpunkt für das System dar. Letzteres bietet zwar mehr Flexibilität, erfordert aber auch den Kauf vieler zusätzlicher Sensoren und führt zu einem höheren Wartungsaufwand, um die Sensoren sauber zu halten.

### 3.2.4 Verkehrserkennung

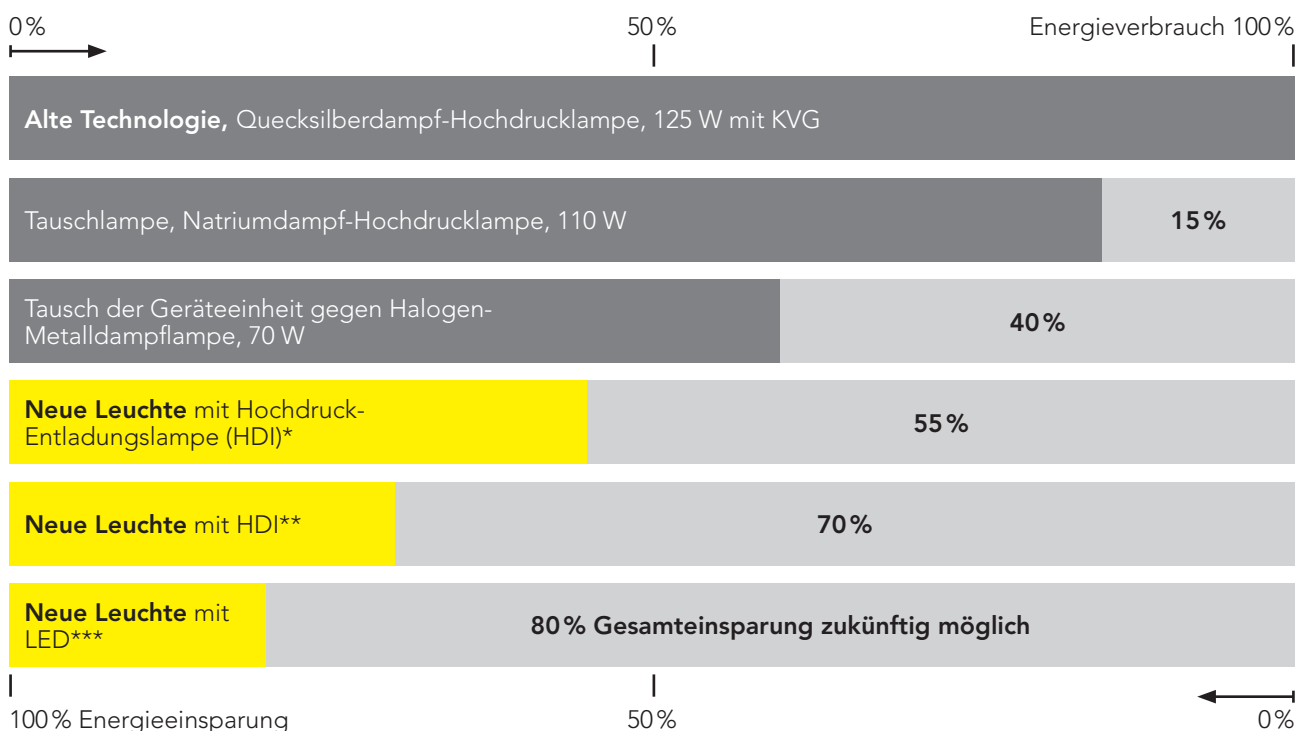
Auf vielen Straßen ist das Verkehrsaufkommen eher gering, vor allem in der Nacht. Aus diesem Grund birgt das Reduzieren der Beleuchtung in Einklang mit den Anforderungen in der EN 13201 möglicherweise erhebliches Energieeinsparpotential. Um sicherzustellen, dass Verkehrsteilnehmer die Straßen dennoch sicher befahren können, können Verkehrserkennungssysteme installiert werden, die den Beleuchtungslevel bei Bedarf wieder anheben. Die häufigste Methode zur Verkehrserkennung sind Bewegungssensoren.

# 4. Einsparpotenziale mit LED erkennen



Ob Neuanlage oder Sanierung bestehender Beleuchtungsanlagen – die Einsparpotenziale bei der Umrüstung auf LED sind groß. Um die Höhe möglicher Einsparungen konkretisieren zu können, ist eine umfassende Betrachtung der Beleuchtungskosten nötig. Sobald die lichttechnischen Anforderungen definiert sind, müssen Lichtplaner und Entscheider eine Kostenkalkulation erstellen und die Wirtschaftlichkeit der Beleuchtungsanlagen berechnen.

## Sparpotenziale Außenbeleuchtung



\* Natriumdampf-Hochdrucklampe oder Halogen-Metaldampflampe

\*\* Natriumdampf-Hochdrucklampe oder Halogen-Metaldampflampe, mit Regelstrom und 50% Leistung während 2.000 Std.

\*\*\* Mit Regelsystem und 50% Leistung während 2.000 Std.

Quelle: licht.de

## 4.1 Lebenszyklusbetrachtung

Wichtig ist, dass bei der Kalkulation alle Kosten, die über den gesamten Lebenszyklus anfallen, betrachtet werden: von der Produktauswahl bis zur Entsorgung. Dabei setzen sich die Beleuchtungskosten über den gesamten Lebenszyklus aus folgenden Kosten zusammen [ZVEI]:

- Investitionskosten (Kauf und Installation)
- Betriebskosten (Energiebedarf, Wartung und Instandhaltung)
- Kosten für Entsorgung und Demontage

Anlagen zur Straßenbeleuchtung sind langlebige Güter mit hohen Anfangsinvestitionen. Daher ist die Amortisationszeit entsprechend hoch. Auf lange Sicht lassen sich jedoch erhebliche Kosten sparen. Innerhalb der Betriebskosten schlagen vor allem die Wartung und Instandhaltung, eventuelle Zinsaufwendungen und der Energieverbrauch zu Buche. Letzterer ist somit auch der Schlüssel, um Beleuchtungs Ausgaben dauerhaft zu senken – ein zentrales Argument für den Einsatz energieeffizienter Beleuchtungstechnik mit LEDs und intelligentem Lichtmanagement.

## 4.2 Betrachtungszeitraum festlegen

Wichtig in der Lebenszyklusbetrachtung ist es, einen geeigneten Betrachtungszeitraum festzulegen. Dieser sollte so gewählt werden, dass er dem wirtschaftlichen Horizont des Endkunden beziehungsweise der Anwendung entspricht. Viele Investoren scheuen sich jedoch, den Betrachtungszeitraum auf mehr als fünf Jahre anzulegen. In diesem Fall sollte der Betrachtungszeitraum so gewählt werden, dass er etwa 30 bis 50 Prozent über der Amortisationsdauer der einfachsten Beleuchtungslösung liegt [ZVEI]. Auf diese Weise können auch investitionsintensivere Lösungen (wie eine Lichtsteuerung) ihre Wirtschaftlichkeit beweisen und umgesetzt werden.

Als Faustregel gilt: Je länger der Betrachtungszeitraum ist, desto eher können optimierte Lösungen mit hohen Investitionskosten gewählt werden. Häufig können gerade Lösungen mit längeren Amortisationszeiten auf lange Sicht mehr Kosten sparen als Anlagen, die sich schneller amortisieren. Die Amortisationszeit sollte deshalb nicht allein ausschlaggebend für die Entscheidung sein. So sind hochwertige LED-Leuchten zusammen mit einem Lichtmanagementsystem in der Anschaffung zwar in der Regel teurer, überzeugen aber auf längere Sicht aufgrund ihrer Effizienz und niedrigen Wartungskosten mit den geringsten Lebenszykluskosten. Darüber hinaus bieten sie eine verlässlich höhere Lichtqualität [ZVEI 2].

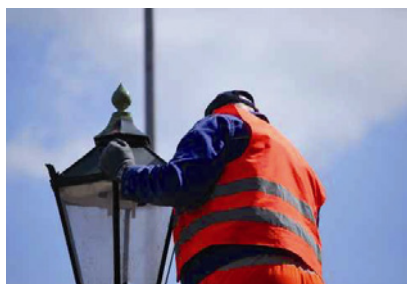
### Kostenverteilung im Lebenszyklus einer Straßenleuchte

Lebenszykluskosten (TCO = Total Cost of Ownership) entstehen über einen definierten Zeitraum (z. B. 20 Jahre) und umfassen die Gesamtkosten von Investition zuzüglich Betrieb (inklusive Energiekosten) und Entsorgung



#### Investitionskosten

- Kosten der Anlage
- Installationskosten
- Programmierung



#### Betriebskosten

- Energiekosten
- Wartungskosten
- Kosten für Ersatzteile
- Bestellkosten
- Lagerhaltungskosten



#### Kosten am Ende der Lebensdauer

- Entsorgungskosten
- Demontagekosten

# 5. Finanzierung von Beleuchtungsprojekten



Die Umstellung auf energieeffiziente LED-Beleuchtung wird öffentlich gefördert.

## 5.1 Fördermittel

Die Nationale Klimaschutzinitiative (NKI) des Bundesumweltministeriums unterstützt Kommunen durch Fördermittel auch im Bereich der Außenbeleuchtung bei der Umstellung auf LED-Technologie. Bis 2019 stehen hier Haushaltsmittel des Bundes sowie Mittel aus dem Sondervermögen Energie- und Klimafonds (EKF – Erlöse aus dem Emissionshandel) bereit.

Projekte, bei denen mindestens 70 Prozent CO<sub>2</sub> eingespart werden, erhalten 20 Prozent Förderung. Bei einer CO<sub>2</sub>-Einsparung von mindestens 80 Prozent mit Lichtsteuerung steigt die Fördersumme sogar auf 25 Prozent.

Da die minimale Fördersumme 5.000 Euro beträgt, ergibt sich bei 20 prozentiger Förderung ein Mindest-Investitionsvolumen von 20.000 Euro und bei 25 prozentiger Förderung eines von 25.000 Euro. Die geförderten Anlagen müssen mindestens fünf Jahre im Eigentum des Antragsstellers verbleiben.

Eine erhöhte Förderquote können finanzschwache Kommunen ohne ausreichende Eigenmittel beantragen.

Kommunen gelten in diesem Zusammenhang als finanzschwach, wenn sie nach dem jeweiligen Landesrecht beispielsweise ein Haushaltssicherungskonzept aufstellen mussten oder eine vergleichbare angespannte Haushaltslage nachweisen können. Die betroffenen Kommunen erhalten für die Sanierung der Außen- und Straßenbeleuchtung bis zu 45 Prozent Förderung bei 70 Prozent CO<sub>2</sub>-Einsparung, bzw. bis zu 50

Prozent Förderung bei 80 Prozent CO<sub>2</sub>-Einsparung plus Lichtsteuerung.

Das Projekt darf erst nach Erhalt des Bewilligungsbescheids ausgeschrieben werden, um eine Förderung zu erhalten. Sind Projekte bereits ausgeschrieben, so sind diese von einer Förderung ausgenommen.

Der Bewilligungszeitraum beträgt in der Regel ein Jahr. Während dieser Zeit muss das Projekt vom initialen Projektbeginn bis zur finalen Inbetriebnahme komplett abgewickelt werden. Die Kommune muss zudem in den ersten neun Monaten des Bewilligungszeitraums mit den Maßnahmen beginnen.

Die Finanzierung des Projekts muss bei Antragsstellung gesichert sein, wobei die Eigenbeteiligung mindestens 15 Prozent betragen muss. In die Finanzierung können Drittmittel mit einfließen, müssen aber ausgewiesen werden [DStGB].

### Antragsberechtigt sind:

- Kommunen und zu 100 Prozent kommunale Verbände
- Unternehmen und Organisationen mit mindestens 50,1 Prozent kommunaler Beteiligung
- öffentliche, gemeinnützige, religionsgemeinschaftliche Kitas, Schulen, Jugendfreizeiteinrichtungen bzw. deren Träger (auch Länder)
- Sportvereine mit Gemeinnützigkeitsstatus

Lichtplaner unterstützen die Kommunen in der Regel beim Stellen des Förderantrags. Generell sind folgende Schritte nötig:

- 1 Bestandsbeleuchtung erfassen, um später die CO<sub>2</sub>-Ersparnis zu berechnen

2 Neue Beleuchtungsanlage konzipieren – wichtig hierbei ist das Herausstellen der CO<sub>2</sub>-Einsparnis im Vergleich zur Bestandsanlage

3 Antragsformular ausfüllen, welches das Bundesumweltministerium als Excel-Datei zur Verfügung stellt – fehlerhafte Angaben können später noch korrigiert werden

4 Antrag einreichen und Zeitfenster beachten! Für die Einreichung des BMU-Förderantrags gibt es von 2017 bis 2019 jeweils zwei Zeitfenster pro Jahr: das erste und das dritte Quartal des jeweiligen Jahres. Innerhalb dieser Zeiträume müssen die Anträge beim Projektträger Jülich entweder online oder per Post nachgereicht werden (für den Postversand mit 14 Tagen Nachlaufzeit).

5 Nach Bewilligung das Projekt ausschreiben

Weiterführende Information und eine Förderberatung ist auf der Internetseite des Projektträgers Jülich zu finden: [www.ptj.de/projektfoerderung/nationale-klimaschutzinitiative](http://www.ptj.de/projektfoerderung/nationale-klimaschutzinitiative)

## 5.2 Beleuchtungs-Contracting

Eine gute Möglichkeit, um die Umstellung auf klimafreundliche LED-Beleuchtung in Kommunen zu finanzieren, sind sogenannte Contracting-Modelle. Die Idee dahinter: Ein Dienstleister (Contractor) übernimmt – je nach Vereinbarung – einen Teil oder die gesamten Kosten der Planung, Umsetzung und Instandhaltung der Anlage. Der Contractor trägt somit das wirtschaftliche Risiko. Sofern er sämtliche Kosten und Umsetzung übernimmt, bleibt er über den gesamten Vertragszeitraum Eigentümer der Anlage. Die Kommune als Contracting-Nehmer zahlt eine fest vereinbarte monatliche Rate.

Damit profitiert der Contracting-Nehmer von einer neuen Beleuchtungsanlage, ohne den kommunalen Haushalt bzw. das Investitionsbudget zu überlasten.

Nach dem Ende der vereinbarten Vertragslaufzeit können die Parteien den Contracting-Vertrag neu verhandeln bzw. verlängern. Alternativ hat der Contracting-Nehmer die Möglichkeit, die Anlage zu kaufen oder an den Contractor zurückzugeben. Das wird aus rechtlichen Gründen regelmäßig erst nach Ablauf des Vertrags geregelt [DStGB].

Bei Beleuchtungsprojekten unterscheidet man in der Regel zwischen zwei Contracting-Modellen:

### Energiespar-Contracting

Beim Energiespar-Contracting (auch Energieeinspar-Contracting genannt) garantiert der Dienstleister (der Contractor) dem Auftraggeber im Rahmen eines Angebots eine Energieeinsparung, die durch die Effizienzmaßnahme erzielt werden soll.

Ist der Auftraggeber mit dem Angebot einverstanden, wird die Energieeinsparung vertraglich festgehalten. Im nächsten Schritt übernimmt der Contractor die Planung, Umsetzung und Instandhaltung des Beleuchtungsprojekts und wird so lange an den Energieeinsparungen beteiligt, bis sich seine Investition amortisiert hat und der festgelegte Gewinn erreicht wurde.

Beim Energiespar-Contracting profitieren beide Parteien von der Investition: Der Dienstleister wird an den Einsparungen beteiligt und erzielt einen Gewinn. Der Auftraggeber kann auch ohne hohe Eigenmittel sein Effizienzvorhaben umsetzen, seinen Energieverbrauch senken und Kosteneinsparungen erzielen.

### Energieliefer-Contracting

Beim Energieliefer-Contracting (auch Anlagencontracting genannt) übernimmt der Contractor in der Regel die Planung, den Austausch, die Betriebsführung und Instandhaltung der Beleuchtungsanlage und liefert auch den Strom zu festgelegten Preiskonditionen.

Vor allem bei der Sanierung alter Straßenbeleuchtungsanlagen kommt das Energieliefer-Contracting häufiger zum Einsatz. Eine Einspargarantie wie beim Energiespar-Contracting gibt es bei dieser Variante in der Regel nicht.

Das Kompetenzzentrum Contracting für öffentliche Gebäude der Deutschen Energie-Agentur (dena) bietet Kommunen Initialberatungen zum Contracting an und vermittelt Fachleute für die Projektentwicklung. Infos unter: [www.kompetenzzentrum-contracting.de](http://www.kompetenzzentrum-contracting.de)

# 6. Vergaberechtliche Anforderungen



## 6.1 Wahl des Ausschreibungsverfahrens

Sobald die Lichtplanung abgeschlossen ist und die Finanzierung steht, geht es an die Auftragsvergabe. Dabei müssen sich öffentliche Auftraggeber an öffentliches Vergaberecht halten. Je nach Ausgestaltung eines Beleuchtungsvertrags kann der maßgebende Schwerpunkt der Leistung im Bau-, Liefer- oder Dienstleistungsbereich liegen. Je nach Schwerpunkt der jeweiligen Leistung kommt entweder die VOB/A (Bauleistungen) oder die Vergabeverordnung (VgV) bzw. die Unterschwellenvergabeordnung (UVgO) im Bereich der Liefer- oder Dienstleistungen zur Anwendung. Entsprechend des Schwerpunkts muss die Kommune die korrekte Vergabeart bestimmen, wozu eine Einzelfallprüfung erforderlich ist [DStGB].

Liegen die Kosten der geplanten Beleuchtungsmaßnahme oberhalb bestimmter europaweit geltender Schwellenwerte, muss zudem ein europaweites Vergabeverfahren durchgeführt werden. Als Richtwert gilt: Ab einer Auftragshöhe von insgesamt 221.000 Euro, ist ein Auftrag öffentlich auszuschreiben.

## 6.2 Eignungs- und Zuschlagskriterien

Angebote werden anhand verschiedener Kriterien beurteilt. In der Regel ist es sinnvoll, die Bewertungskriterien mit der Leistungsbeschreibung festzulegen. Die Leistungsbeschreibung wird bei einer professionellen Lichtplanung miterstellt.



## Eignungsprüfung

Für die Kommunen ist nicht nur wichtig, dass nach den Zuschlagskriterien ein gutes Angebot vorliegt. Ebenso entscheidend ist, dass der zukünftige Auftragnehmer auch tatsächlich in der Lage ist, den Auftrag auszuführen. Um sicherzustellen, dass der Auftrag an ein fachkundiges und leistungsfähiges Unternehmen (vgl. § 122 GWB) vergeben wird, sollte der Auftraggeber bei der Auftragsvergabe eine Eignungsprüfung des Auftragnehmers durchführen. Welche Erklärungen und Nachweise der Auftragnehmer dafür einzureichen hat, legt die Kommune fest. Das können zum Beispiel Umsatzangaben, Registerauszüge, Versicherungsnachweise sowie Referenzen von vergleichbaren Projekten sein. Weitere Informationen zur Eignungsprüfung finden sich in Kapitel 7.

## Zuschlagskriterien

Nach § 127 GWB wird der Zuschlag auf das wirtschaftlichste Angebot erteilt. Dabei ist das beste Preis-Leistungs-Verhältnis ausschlaggebend. Zwar können die Zuschlagskriterien von der Kommune individuell festgelegt werden, sie dürfen jedoch nicht zu einer Benachteiligung einzelner Bieter führen. Welche Zuschlagskriterien als Grundlage für die Auftragsvergabe dienen sollten, hängt insbesondere davon ab, welche Beleuchtungsmaßnahmen beschafft werden sollen. Geht es beispielsweise nur um die Lieferung von Ersatzteilen oder den Austausch bestehender Leuchtmittel, so könnte der Preis als alleiniges Zuschlagskriterium ausreichend sein.

Bezüglich der Beschaffung der Straßenbeleuchtung ist zudem § 67 Abs. 5 VgV relevant. Im Zusammenhang der Beschaffung der Straßenbeleuchtung ist zudem auf § 67 Abs. 5 VgV zu verweisen. Danach ist im Falle der Beschaffung energieverbrauchsrelevanter Waren, technischer Geräte oder Ausrüstungen im Rahmen der Ermittlung des wirtschaftlichen Angebotes die Energieeffizienz als Zuschlagskriterium angemessen zu berücksichtigen. Ist eine Lieferung von energieverbrauchsrelevanten Waren, technischen Geräten oder Ausrüstungen wesentlicher Bestandteil einer Bauleistung, gilt gleiches gemäß § 8c EU VOB/A [DStGB].

Bei der Formulierung der zu erfüllenden Zuschlagskriterien hat die Kommune einen großen Gestaltungsspielraum und kann demnach die technischen Anforderungen nach ihren Bedürfnissen vorschreiben. In einem K.O.-Verfahren werden unpassende Angebote aussortiert.

Neben dem Preis und der Energieeffizienz sind die technischen Anforderungen, Wartungs- und Instandhaltungskosten und eventuell eine konzeptionelle Planung der Betriebsführung entscheidend. Weitere Informationen zu den Zuschlagskriterien finden sich in Kapitel 7.3.

## 6.3. Leistungsbeschreibung

---

In der Leistungsbeschreibung erläutern Kommunen das geplante Beleuchtungsprojekt. Dabei soll der Auftragsgegenstand so eindeutig und erschöpfend wie möglich beschrieben werden, sodass die Beschreibung für alle Unternehmen im gleichen Sinne verständlich ist und die Angebote miteinander verglichen werden können (vgl. § 121 Abs. 1 Satz 1 GWB). Der Leistungsbeschreibung kommt bei der Auftragsvergabe eine besondere Bedeutung zu: Sie ist zum einen die Grundlage für die Durchführung eines transparenten, wettbewerblichen und diskriminierungsfreien Verfahrens. Gleichzeitig ist sie auch die Grundlage für eine optimale Auftragsdurchführung und -abwicklung. Daher sollte sie mit besonderer Sorgfalt angefertigt werden. Hier kann es sinnvoll sein, einen professionellen Fachplaner hinzuzuziehen.

Die in der Lichtplanung definierten Minimalstandards sollten sich in der Leistungsbeschreibung wiederfinden. Unternehmen, deren Produkte diese Mindestanforderungen oder die Eignungskriterien nicht erfüllen, sind von der Angebotsabgabe ausgeschlossen. Alle anderen Angebote werden anhand der Zuschlagskriterien bewertet.

# 7. Beschaffung von Beleuchtungssystemen



## 7.1 Einführung

Das folgende Kapitel widmet sich dem Thema Beschaffung von energieeffizienten qualitativ hochwertigen Beleuchtungssystemen für Straßenbeleuchtung. Eine Tabelle mit den empfohlenen Premium Light Pro Beschaffungskriterien findet sich auf Seite 41.

Das hier empfohlene Set von Beschaffungsanforderungen umfasst Eignungskriterien für die Auswahl

des geeigneten Bieters, technische Mindestanforderungen, die grundsätzlich eingehalten werden sollen sowie Zuschlagskriterien. Für die Zuschlagskriterien wird ein Bewertungskonzept angeboten.

Darüber hinaus werden allgemeine technische und vertragliche Aspekte behandelt. Die Tabelle gibt einen Überblick über die verschiedenen Kriterien und Anforderungen.

Tabelle 6 Beschaffungskriterien in der Übersicht

## A Elemente für die Leistungsbeschreibung

Siehe 7.2.1	Spezifikation der Straßen und Wege, Bereitstellung von Plänen, Dokumenten	<u>Sämtliche Ausschreibungen</u> Der Beschaffer stellt Unterlagen für die zu planenden Straßen und Wege zur Verfügung, für welche die Beleuchtung implementiert wird und spezifiziert die Beleuchtungsklasse. Anforderungen der Norm DIN EN 13201 sind zu berücksichtigen.	
Siehe 7.2.2	Lichtmanagement: Regelungs- und Steuerungsoptionen	<u>Optional:</u> Regelungs- und Steuerungsmöglichkeiten sollen spezifiziert werden soweit für den jeweiligen Straßentyp relevant	Optionen für Regelungs- und Steuerungsoptionen sollen für jedes Projekt bewertet werden. Anforderungen sind je nach Angemessenheit zu spezifizieren.
Siehe 7.2.3	Lichtmanagement: Energieverbrauchsmessung und Monitoring	<u>Optional:</u> Kriterien/Funktionalitäten sollen spezifiziert werden sofern für den jeweiligen Anwendungstyp bzw. das Projekt relevant	Die Angemessenheit von Optionen zur Energieverbrauchsmessung soll für jedes Projekt bewertet werden.



## B Eignungskriterien

	Kriterium	Anforderung	Mindestanforderung	Kommentar
Siehe 7.3.1	Know-how und Erfahrung des Planungsteams und des Installationsteams	Mindestens 5 relevante Beleuchtungsprojekte in den letzten 3 Jahren mit vergleichbarer Projektgröße	✓	Der Nachweis der Erfahrung des Teams kann auch Projekte aus früheren Arbeitgebern umfassen
Siehe 7.3.2	Kapazität des Bieters zur Fertigstellung des Projektes im vorgesehenen Zeitrahmen	Die Kapazität des Bieters muss der Projektgröße und den Zeitzielen entsprechen	✓	Abhängig von der Projektgröße und den Zeitzielen zu spezifizieren
Siehe 7.3.3	Einhaltung der relevanten ISO- und EN-Standards	Die Einhaltung von relevanten Standards durch den Bieter ist zu bestätigen.	✓	Die Anforderungen können auch nationale Standards umfassen

## C Zuschlagskriterien

Energiebezogene Kriterien					
	Kriterium	Anforderung	Mindestanforderung	Zuschlagskriterium	Kommentar
Siehe 7.4.1.2	Indikator des jährlichen Stromverbrauchs (AECI) oder Indikator der Leistungsdichte (PDI)	$AECI < 0,8 \times 161/RW \times 0,004 \times E, m$ oder $PDI < 1,1 \times 161/RW$  PDI: Indikator der Leistungsdichte (Power Density Indicator) AECI: Indikator des jährlichen Stromverbrauch (Annual Energy Consumption Indicator)  RW: Gesamte Straßenbreite inklusive Seitenstreifen, Gehsteig und Fahrradstreifen, sofern diese zur Zielfläche zählen; Angabe in Meter E,m: durchschnittliche Mindestbeleuchtungsstärke entsprechend der Straßenkategorie, Angabe in Lux	✓	✓	Die Anforderungen basieren auf DIN EN 13201-5:2016. Der Jahresenergieverbrauch (AECI) sollte wann immer möglich als der obligatorische Parameter herangezogen werden.  In Fällen wo der AECI aus gerechtfertigten Gründen nicht verlässlich ermittelt bzw. transparent dargestellt werden kann, ist alternativ der PDI zur Verfügung zu stellen.
Siehe 7.4.1.3	Leistungsfaktor	100% Last: $\cos \phi \geq 0,9$ 50% Last (Dimmung): $\cos \phi \geq 0,8$	✓		

Energiebezogene Kriterien					
	Kriterium	Anforderung	Mindestanforderung	Zuschlagskriterium	Kommentar
Siehe 7.2.2	Funktionen für Regelung und Steuerung	Optional: siehe Abschnitt „Elemente für die Leistungsbeschreibung“		✓ <sup>1</sup>	Optionen für Regelungs- und Steuerungsoptionen sollen für jedes Projekt bewertet werden. Anforderungen sind je nach Angemessenheit zu spezifizieren. (Clou Funktion)
Siehe 7.2.3	Energieverbrauchs-messung	Optional: siehe Abschnitt „Elemente für die Leistungsbeschreibung“		✓ <sup>2</sup>	Die Angemessenheit von Optionen zur Energieverbrauchs-messung soll für jedes Projekt bewertet werden.

Kriterien für Projekte, die auf den Austausch von Komponenten beschränkt sind					
	Energieeffizienz des LED-Moduls Basis 2018	Mindesteffizienz: 160 lm/W	✓	✓	Zielwerte werden jährlich überprüft und gegebenenfalls angepasst

Qualitäts- und Design-Kriterien					
	Kriterium	Anforderung	Mindestanforderung	Zuschlagskriterium	Kommentar
Siehe 7.4.2.1.1	Lichtfarbe (Farbtemperatur)	Wohngebiete und Fußgängerbereiche: $\leq 3.000$ K	✓		Die gewünschte Farbtemperatur ist entsprechend dem Straßentyp zu spezifizieren.
Siehe 7.4.2.1.2	Farbwiedergabe	Straßen mit gemischtem Verkehr einschließlich Radfahrern und Fußgängern: $R_a \geq 80$ Hauptstraßen und Schnellstraßen: $R_a \geq 70$	✓		Die gewünschten Farbwiedergabeanforderungen sind entsprechend dem Straßentyp zu spezifizieren.
Siehe 7.4.2.1.3	Farbkonstanz	Die Farbkonstanz zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme (initial) soll kleiner als 5 MacAdam-Ellipsen betragen	✓		
Siehe 7.4.2.2	Leuchtdichte und Beleuchtungsstärke	Gemäß DIN EN 13201 für die jeweiligen Beleuchtungsklassen	✓		Entsprechend den Anforderungen in der Norm DIN EN 13201

<sup>1</sup> Optional: Optionen bzw. Relevanz für jedes Projekt einzeln zu überprüfen

<sup>2</sup> Optional: Optionen bzw. Relevanz für jedes Projekt einzeln zu prüfen.

## Qualitäts- und Design-Kriterien

	Kriterium	Anforderung	Mindestanforderung	Zuschlagskriterium	Kommentar
Siehe 7.4.2.3	Lichtverteilung (Gleichmäßigkeit der Lichtverteilung)	Die Gleichmäßigkeit muss bei trockener oder nasser Fahrbahn den Anforderungen der entsprechenden Beleuchtungsklasse nach DIN EN 13201 entsprechen. (Beispiel: Anforderungen an den Mindestwert für die Gleichmäßigkeit für M-Beleuchtungsklassen Tabelle 7.4.2.3). Für abweichende Beleuchtungsklassen siehe DIN EN 13201 Teil 2)	✓		Die Gesamtgleichmäßigkeit ( $U_g$ ) beschreibt die Homogenität der Fahrbahnleuchtdichte $U_l$ (Gleichmäßigkeit in Längsrichtung) ist nur für lange ununterbrochene Straßensegmente relevant.
Siehe 7.4.2.3	Lichtverschmutzung	ULOR = 0% (upward light output ratio, Anteil des nach oben abgegebenen Lichts)	✓		Eine abweichende Anforderung bezüglich ULOR kann angebracht sein, sofern gerechtfertigt
Siehe 7.4.2.4	Blendschutz (physiologische Blendung und psychologische Blendung)	physiologische Blendung: G4 oder höher psychologische Blendung: D6 oder D5	✓		
Siehe 7.4.2.5.1	Schutzart (IP-Bewertung)	Mindestanforderung: IP 65 für alle Straßentypen	✓		Eine Klasse niedriger kann akzeptabel sein, sofern gerechtfertigt
Siehe 7.4.2.5.2	Stoßfestigkeitsgrad (IK Bewertung)	Mindestanforderung: IK07 für alle Straßentypen	✓		
Siehe 7.4.2.5.3	Schutzklasse	Klasse II	✓		Entsprechend ihrem Schutz gegen zu hohe berührbare Spannungen werden Leuchten, ebenso wie elektrische Betriebsmittel, nach DIN VDE 0711 in drei Schutzklassen eingeteilt
Siehe 7.4.2.5.4	Überspannungsschutz	Mindestens 6 kV (für die Leuchte)	✓		Ein zusätzlicher Überspannungsschutz kann zur Vermeidung von Schäden im Kabelübergangskasten integriert werden.
Siehe 7.4.3	Konformitätskennzeichnung für Komponenten	ENEC und nationale Verordnungen	✓		
Siehe 7.4.3.1.1	Mittlere Bemessungslebensdauer	Bemessungslebensdauer $L_{80B_{50}} \geq 100.000$ h	✓	✓	

## Qualitäts- und Design-Kriterien

	Kriterium	Anforderung	Mindestanforderung	Zuschlagskriterium	Kommentar
Siehe 7.4.3.1.3	Garantie	Die Garantie oder das Service-Agreement soll auf mindestens 10 Jahre ausgelegt sein	✓	✓	<p>Defekte LED Module, Betriebsgeräte oder andere Ersatzteile sollen kostenfrei ersetzt werden.</p> <p>Wenn die Leuchte weniger Licht als 10% Bemessungslichtstrom im Neuzustand abgibt als spezifiziert, ist sie ebenfalls als defekt zu betrachten und der Hersteller ist verpflichtet für kostenfreien Ersatz zu sorgen</p> <p>Jedes Leuchtenlos ist komplett zu ersetzen, wenn die Anzahl der defekten Leuchten 10% in einem Nutzungszeitraum von 10 Jahren überschreitet. Die Dokumentationspflicht obliegt dem Beschaffer.</p> <p>Ausnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leuchten, die aufgrund von Vandalismus, Unfällen, Blitzschlag, oder Sturm defekt sind,</li> <li>• Leuchten, die für einen signifikanten Zeitraum unter abnormen Bedingungen betrieben worden sind (z. B. Nutzung unter falscher Spannung), sofern das vom Hersteller nachgewiesen werden kann</li> </ul>
Siehe 7.4.3.1.4	Verfügbarkeit von Ersatzteilen	Ersatzteile für Komponenten sollen mindestens 10 Jahre zur Verfügung stehen	✓	✓	Zu Ersatzteilen zählen LED Module, Betriebsgeräte, Steuerelemente, Ersatzscheiben oder -wannen, LED-Module und weitere Kleinteile.
Siehe 7.4.3.1.4	Recycling- und Reparaturfähigkeit	Die Lichtquellen (Lampen oder LED Module) und weitere zentrale Komponenten der Leuchte sollen leicht zugänglich und austauschbar sein. Der Austausch soll direkt vor Ort erfolgen können.	✓	✓	Bewertungskriterien sind zu spezifizieren (siehe Anhang)
Siehe 7.4.2	Design	Designkriterien sind individuell zu spezifizieren und durch eine Jury zu bewerten		✓	Bewertung durch Jury

Kriterien für Projekte, die auf den Austausch von Komponenten beschränkt sind					
Siehe 7.4.3.1	Bemessungslebensdauer der LED-Module	$L_{80}B_{50} \geq 100.000 \text{ h}$	✓	✓	
Siehe 7.4.3.2	Lebensdauer/ Ausfallsrate der Vorschaltgeräte	Maximale Ausfallsrate 0,1% per 1000h	✓	✓	

Kostenkriterium					
	Kriterium	Anforderung	Mindestanforderung	Zuschlagskriterium	Kommentar
Siehe 7.4.4	Lebenszykluskosten bzw. Total Cost of Ownership (TCO)	Für sämtliche Projekte ist eine Kalkulation der Life-Cycle-Kosten bzw. der Total-Cost of Ownership zur Verfügung zu stellen.		✓	Der Bieter muss eine transparente LCC bzw. TCO Kalkulation zur Verfügung stellen. Wenn das Angebot eine TCO-Kalkulation enthält, ist das Kriterium „AECI“ transparent in diese Kalkulation miteinzubeziehen.

## D Vertragsaspekte (Installation, Inbetriebnahme)

	Inbetriebnahme des Beleuchtungssystems inklusive der Steuerungs-/Regelungsfunktionen	<p>Der Vertragsnehmer muss folgendes sicherstellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Das neue oder erneuerte Beleuchtungssystem einschließlich Steuerungs- und Regelungskomponenten muss einwandfrei funktionieren und darf nicht mehr Energie verbrauchen als spezifiziert.</li> <li>Tageslichtsteuerungsfunktionen müssen einwandfrei kalibriert sein und der Planung entsprechend effektiv funktionieren</li> <li>Die Funktion von Verkehrssensoren zur Erkennung von Fahrzeugen, Fahrrädern und Fußgängern muss entsprechend geprüft sein und dem Anwendungszweck entsprechen.</li> <li>Zeitschaltungen sollen entsprechend eingestellt, um die Qualitätsbedürfnisse für die Beleuchtung sicherzustellen und gleichzeitig die Energieeffizienz zu maximieren.</li> </ul> <p>Falls nach Übergabe Teile des Beleuchtungssystems nicht den Anforderungen entsprechen, sind diese vom Auftragnehmer anzupassen oder zu kalibrieren.</p>			In Anlehnung an EU GPP (Entwurf 2016)
--	--	---	--	--	---------------------------------------

<p><b>Siehe 7.4.5.1</b></p>	<p>Korrekte Installation</p>	<p>Der Vertragsnehmer muss folgendes sicherstellen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1</b> Das Beleuchtungssystem muss exakt entsprechend der Spezifikation installiert sein.</li> <li><b>2</b> Einen Plan zur Lieferung des Systems muss zur Verfügung gestellt werden, inklusive Herstellerrechnungen und Lieferbescheiden</li> <li><b>3</b> Bestätigung der Installation gemäß Spezifikation</li> <li><b>4</b> Dokumentation</li> </ol> <p>Für ein vom Beschaffer ausgewähltes Straßensegment soll vom Auftragnehmer für zwei Lichtmasten ein Messzertifikat zur Verfügung gestellt werden, das belegt, dass das Beleuchtungssystem im spezifischen Straßenabschnitt entsprechend den Anforderungen der EN 13201-2 erstellt worden ist.</p> <p>Für den gewählten Straßenabschnitt soll auch die maximale Leistung [W] und der Energieverbrauch [kWh] über die Zeitperiode von einer Woche gemessen oder berechnet werden. Basierend auf diesen Werten und der Bestimmung der Beleuchtungsstärke gemäß EN 13201-2 sollen PDI und AECI berechnet und bezogen auf die Planung verifiziert werden (+/- 10% Toleranz max.).</p> <p>Zur Begrenzung der Lichtverschmutzung soll der Ausleugerwinkel ausgewählter Leuchten im Straßensegment gemessen und mit den Spezifikationen der Planung verglichen werden (+/- 2° Toleranz max.).</p>	<p>In Anlehnung an EU GPP (Entwurf 2016)</p>
<p><b>Siehe 7.4.6</b></p>	<p>Reduktion von Abfall und Unterstützung von Recycling</p>		<p>Der Auftragnehmer soll entsprechend Maßnahmen zur Müllvermeidung und Unterstützung von Recycling setzen. Alle ersetzten Lampen, Leuchten oder elektronischen Bauteile sind entsprechend der WEEE Richtlinie zu entsorgen.</p>

## 7.2 Allgemeine Anforderungen

Tabelle A) umfasst einige grundsätzliche Spezifikationen, die in den frühen Phasen des Beschaffungsprozesses berücksichtigt werden müssen. Zu diesem Zeitpunkt müssen das Gesamtkonzept des Beleuchtungssystems und wesentliche Leistungsanforderungen entsprechend der gültigen Regelwerke (z. B. DIN EN 13201) oder nach speziellen Anforderungen festgelegt werden. Unter anderem sind das:

- Beleuchtungsstärke oder Leuchtdichte
- Gleichmäßigkeit (Längs- und Quer-)
- Farbtemperatur und Farbwiedergabe
- Lichtpunkthöhe

Zudem müssen die Anforderungen an das Lichtmanagement (Regelungs- und Steuerungsoptionen sowie Energieverbrauchsmessung und Monitoring) definiert werden.

### 7.2.1 Spezifikation des Beleuchtungssystems

In der Frühphase des Planungsprozesses ist die Beleuchtungskategorie zu spezifizieren, für die die neue Beleuchtungsanlage beschafft werden soll. Die relevanten Straßentypen sind auf Basis internationaler Standards (DIN EN 13201) oder, sofern gewünscht, ergänzt durch nationale Standards zu spezifizieren.

### 7.2.2 Lichtmanagement: Steuerungsfunktionen und Kommunikationssysteme

Im Rahmen der Projektplanung und Spezifikation ist auch festzulegen, welche Art von Steuerungs- und Regelungsoptionen gegebenenfalls vorzusehen ist. Für viele Beleuchtungssituationen und Straßentypen werden eher einfache Optionen in Frage kommen. Umfassende smarte Steuerungs- und Regelungsmöglichkeiten werden eher speziellen Beleuchtungssituationen bzw. -anwendungen vorbehalten bleiben. Die Evaluierung von unterschiedlichen Optionen erfordert gegebenenfalls die Beratung durch unabhängige Experten. Smarte Steuerungs- und Regelungsmöglichkeiten müssen auch den entsprechenden Qualitäts- und Sicherheitsanforderungen gerecht werden. Verschiedene technische Optionen sind in Kapitel 3.2 beschrieben. Die relevanten Optionen sind auch

hinsichtlich Lebenszykluskosten zu bewerten. Weitere wichtige Aspekte sind Anforderungen hinsichtlich Kompatibilität und Vernetzung.

Dabei sollte das System offen, ein nicht proprietärer Standard sein, so dass verschiedene Leuchtenhersteller damit arbeiten und es sollte zudem noch interoperabel sein, das heißt mit Sensoren, u. a. zur Messung der Luftqualität und Systemen wie Kameras in Gefahrenzonen arbeiten können.

#### 7.2.2.1 Kommunikation

##### *Premium Light Pro Anforderung:*

Die Vernetzungs- und Steuerungsoptionen müssen die Kommunikation mit den Steuerungseinheiten der einzelnen Leuchten ermöglichen. Die sogenannte PLC-Technologie (Powerline Communication) oder drahtlose Kommunikation bieten die Mindestanforderungen zur Erfüllung dieser Kriterien. Bei Bedarf können leistungsfähigere Kommunikationssysteme eingesetzt werden. Die Steuerungselektronik für die Leuchten sollte programmierbar sein und eine Fehlerrückmeldefunktion beinhalten.

Das Thema Sicherheit z. B. der Schutz vor dem Eingriff Dritter in die Beleuchtungsanlage ist durch den Anbieter sicher zu stellen.

#### 7.2.2.2 Kompatibilität mit Kontrollfunktionen

##### *Premium Light Pro Anforderung:*

Leuchten müssen mit den Anforderungen an verschiedene Betriebsprofile (siehe DIN EN 13201 Teil 5) kompatibel sein (z. B. Betrieb bei mehreren Leistungsstufen, Betrieb bei Fahrzeug- und Präsenzmeldern).

##### *Optionale Anforderung:*

Leuchten sind mindestens mit einem Konstantlichtsteuerungssystem auszustatten. Dies stellt sicher, dass die Leuchte trotz der graduellen Lichtstromabnahme von LEDs einen konstanten Lichtstrom liefert. Der Leuchtenhersteller hat die Systemleistungen zum Zeitpunkt  $t = 0$  Stunden und  $t = 70.000$  Stunden anzugeben.

##### *Nachweis:*

Der Bieter muss eine Dokumentation zur Verfügung stellen, die die Steuerungsfunktionen und die Schnittstelle für Steuerung beschreibt.

Als optionale Anforderung ist es vorteilhaft, wenn die Informations- und Kommunikationsmodule für das

Lichtmanagement modifizierbar, modular und erweiterbar sind. Die Modifizier- und Erweiterbarkeit stellen sicher, dass das Steuerungssystem bei Bedarf aktualisiert und erweitert werden kann und bei Bedarf weitere Funktionen hinzugefügt werden können. Modularität erlaubt, dass Komponenten ausgetauscht oder erweitert werden können, ohne dass das gesamte System ausgetauscht werden muss. Kriterien für die Offenheit und Modifizierbarkeit umfassen unter anderem:

- Upgrade- und Updateplan
- Skalierbarkeit des Systems
- Beschreibung der Systemgrenzen und der internen Limitierungen
- Beschreibung der Modul-Schnittstellen und Standardisierung der Softwareschnittstellen
- Kompatibilität und Austauschbarkeit von Modulen
- Zugänglichkeit des Netzwerks, der Infrastruktur und der Daten, die im System gemeinsam genutzt werden
- Anschlussfähigkeit des Systems an andere Systeme, Anwendungen und Domänen.

### 7.2.3 Lichtmanagement: Energieverbrauchsmessung und -monitoring

Parallel zur Spezifizierung der erforderlichen Steuerungsfunktionen sollten auch die gewünschten Funktionen für die Energieverbrauchsmessung bzw. ein Energieverbrauchsmonitoring festgelegt werden. Die Überwachung eines Beleuchtungssystems hinsichtlich optimalen Betriebs und Wartung sowie der Betriebs- und Energiekosten erfordert ein geeignetes Monitoring bzw. Messkonzept. AECI-Werte können nur durch entsprechende Messungen verifiziert werden. Messungen bzw. Monitoring erlauben im Weiteren eine rasche Feststellung von Fehlern und Wartungsbedarf. Das Monitoring kann auf verschiedenen Ebenen des Systems erfolgen und entsprechend unterschiedlich komplex sein. Passende Optionen sind entsprechend zu vergleichen und zu bewerten.

#### *Premium Light Pro Anforderung:*

Falls spezifische Steuerungs- und Regelungsoptionen und/oder Funktionalitäten für Monitoring für das Projekt als sinnvoll eingestuft werden, sind die Funktionalitäten für die Ausschreibung entsprechend zu spezifizieren und zu beschreiben. Kosten und Vorteile der entsprechenden definierten Funktionen sind entsprechend in die LCC/TCO-Kalkulation miteinzubeziehen.

#### *Nachweis:*

Bieter müssen entsprechende Optionen anbieten und beschreiben und die Kosten und Vorteile auch anhand einer LCC/TCO-Betrachtung beschreiben.

## 7.3 Auswahlkriterien

---

Eignungskriterien legen die allgemeinen Anforderungen unabhängig von den Produktkriterien fest. Die Kriterien umfassen unter anderem typischerweise das Know-how, die Kapazität sowie auch Zertifizierungen des Bieters.

### 7.3.1 Know-how und Erfahrung des Planungs- und Installationsteams

Die Planung und Installation des Beleuchtungssystems wird gegebenenfalls durch einen oder durch mehrere Bieter abgedeckt. In beiden Fällen ist sicherzustellen, dass die Planungs- und Installationsaufgaben von Teams mit adäquatem Know-how und Erfahrung durchgeführt werden.

#### *Premium Light Pro Anforderung:*

Der Bieter bzw. die Experten, die für das Projekt verantwortlich sind, haben in den vergangenen drei Jahren fünf Projekte im Bereich LED-Straßenbeleuchtung durchgeführt, die hinsichtlich Größe und Komplexität mit dem geplanten Projekt vergleichbar sind.

#### *Nachweis:*

Der Bieter muss die Personen spezifizieren, die für das Projekt verantwortlich sind und entsprechende Informationen zur Qualifikation, Erfahrungen sowie zu Zertifizierungen zur Verfügung stellen. Im Weiteren muss der Bieter eine Liste von vergleichbaren Projekten zur Verfügung stellen, die in den vergangenen drei Jahren durchgeführt worden sind. Falls Teile des Projekts in Form von Subverträgen durchgeführt werden, ist von den Subauftragnehmern vergleichbare Information zur Verfügung zu stellen. Die Projektgröße kann beispielsweise auf Basis der Lichtpunkte spezifiziert werden.

### 7.3.2 Kapazität des Bieters

#### *Premium Light Pro Anforderung:*

Der Bieter muss die entsprechende Kapazität für die zeitgerechte Projektabwicklung darstellen und bestätigen.



**Nachweis:**

Der Bieter muss die für das Projekt vorgesehenen Personalressourcen und den konkreten Zeitplan spezifizieren.

### 7.3.3 Compliance mit EN und ISO Standards

**Premium Light Pro Anforderung:**

Der Bieter muss über entsprechende EN- und ISO-Zertifizierungen verfügen.

**Nachweis:**

Der Bieter muss die entsprechenden Zertifizierungen nachweisen.

## 7.4 Technische Anforderungen (Mindestanforderungen und Zuschlagskriterien)

---

Die technischen Kriterien umfassen Mindestanforderungen und Zuschlagskriterien hinsichtlich Qualität und Energieeffizienz.

### 7.4.1 Energiebezogene Kriterien

#### 7.4.1.1 Lichtausbeute von LED-Leuchten

Die folgenden Beschreibungen spezifizieren eine Mindestanforderung der Lichtausbeute für LED-Leuchten. Die Lichtausbeute variiert mit der Lichtfarbe der Lichtquelle. Aus diesem Grund werden für verschiedene Farbtemperaturen unterschiedliche Anforderungen an die Lichtausbeute vorgeschlagen. Besonders Leuchten mit sehr niedriger Farbtemperatur (z. B. 2.000 K) weisen eine geringere Lichtausbeute auf. Anforderungen an die Lichtausbeute werden jährlich aktualisiert, für das Jahr 2019 werden die neuen Levels im Herbst 2018 spezifiziert.

**Premium Light Pro Anforderung für technische Leuchten:**

Die folgenden Anforderungen an die Lichtausbeute von LED-Leuchten werden für 2018 spezifiziert:

- 4000 K:  $\geq 120$  lm/W
- 2700–3000 K:  $\geq 105$  lm/Watt
- $\leq 2000$  K:  $\geq 80$  lm/Watt.

Leuchten mit sehr niedriger Farbtemperatur (warm) sollten ausschließlich für spezielle Orte und Anwendungen eingesetzt werden, wo die Verwendung ausreichend gerechtfertigt ist.

Premium Light Pro Kriterien sind ausschließlich für LED-Beleuchtung gedacht, Effizienzwerte für konventionelle Technologien werden nicht angegeben.

**Nachweis:**

Der Bieter muss die Effizienzwerte aller Komponenten in der technischen Dokumentation des Angebots spezifizieren und bestätigen. Bemessungslichtstrom und Bemessungsleistung müssen normgerecht deklariert werden.

#### 7.4.1.2 AECI und PDI

Die Kriterien jährlicher Energieverbrauch "Annual Energy Consumption Indicator" (AECI) und "Power Density Indicator" (PDI) sind die wesentlichen Indikatoren für die Bewertung des Energieverbrauchs und der Effizienz auf Ebene des Beleuchtungssystems.

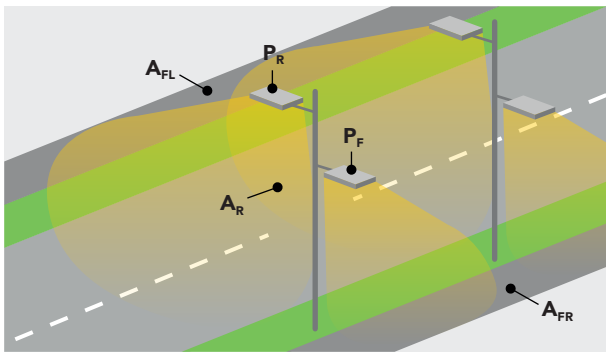
Wenn der Energieverbrauch und die Effizienz auf Systemebene bewertet werden, sind weitere Anforderungen auf Komponentenebene zumeist nicht erforderlich. Allerdings basieren Berechnungen zum AECI und PDI auch auf technischen Spezifikationen der Hardwarekomponenten und die Verifizierung der Produktinformationen ist daher erforderlich, um die Korrektheit der Berechnungen zu überprüfen. Der AECI deckt Aspekte wie Dimmung oder Konstantlichtbeleuchtung mit ab (CLO) (EN 13201-5:2016) und ist daher oft der zu bevorzugende Indikator.

In dieser ersten Version der Premium Light Pro Kriterien sind AECI und PDI nur als Zuschlagskriterien angeführt. Deshalb sind keine Mindestanforderungen spezifiziert. In Fällen, wo der Beschaffer verpflichtende Mindestanforderungen spezifizieren will, wird nachfolgend ein möglicher Ansatz vorgeschlagen.

**Premium Light Pro Anforderung:**

PDI und AECI sollen vom Anbieter, wie in EN 13201-5:2016 spezifiziert und berechnet werden:

## Beispielhafte Lage und Beschreibung der Parameter zur Berechnung von PDI und AECI



Der Grünstreifen wird nicht in die Berechnung aufgenommen. Bei Anwendung der Lage in der Infografik und unter Berücksichtigung der zuvor getätigten Annahmen werden die Gleichungen zur Berechnung der Energieeffizienzindikatoren zu folgendem:

$$D_P = \frac{P_R + P_F}{E_{FL} \times A_{FL} + E_R \times A_R + E_{FR} \times A_{FR}}$$

$$D_E = \frac{(P_R + P_F) \times (t_{full} + k_{red} \times t_{red})}{A_{FL} + A_L + A_{FR}}$$

Dabei ist

$D_P$  (PDI): Indikator der Leistungsdichte ( $Wh \times m^{-2}$ );

$D_E$  (AECI): Indikator des jährlichen Stromverbrauchs ( $Wh \times lx^{-1} \times m^{-2}$ );

$P$  Leistung (W);

$A$  beleuchtete Fläche ( $m^2$ );

$P_R$  die Systemleistung der Hauptleuchte der Beleuchtungsanlage, in W;

$P_F$  die Systemleistung der Hilfsleuchte zur Beleuchtung des rechtsseitigen Seitenstreifens, in W;

$A_R$  die Fahrbahnfläche, in  $m^2$ ;

$A_{FL}$  die Fläche des linksseitigen Seitenstreifens, in  $m^2$ ;

$A_{FR}$  die Fläche des rechtsseitigen Seitenstreifens, in  $m^2$ ;

$E_R$  der berechnete Wert für die Beleuchtungsstärke auf der Straße, in lx;

$E_{FL}$  der berechnete Wert für die Beleuchtungsstärke auf dem linksseitigen Seitenstreifen, in lx;

$E_{FR}$  der berechnete Wert für die Beleuchtungsstärke auf dem rechtsseitigen Seitenstreifen, in lx;

$t_{full}$  die jährliche Betriebsdauer auf vollem Beleuchtungsniveau, in h;

$t_{red}$  die jährliche Betriebsdauer bei vermindertem Beleuchtungsniveau, in h;

$k_{red}$  der Reduktionskoeffizient für das reduzierte Beleuchtungsniveau.

Quelle: DIN EN 13201 Straßenbeleuchtung – Teil 5: Energieeffizienzindikatoren

PDI und AECI müssen vom Bieter transparent berechnet und durch Messungen auf einem bestimmten Straßensegment bestätigt werden. Der AECI inkludiert meist Dimmung.

### Nachweis:

Der Bieter muss transparent berechnete AECI-Werte zur Verfügung stellen, oder alternativ dazu, sofern vertretbar, PDI-Werte (nach Standard EN 13201-5:2016). Der Bieter muss die photometrischen Daten für die Leuchte und die Informationen zu den Komponentenparametern zur Verfügung stellen, die für die AECI- und PDI-Berechnung erforderlich sind. Im Weiteren sind die technischen Spezifikationen der Lichtquelle zur Verfügung zu stellen (die Deklarationen sollen jeweils den europäischen Standards entsprechen). In Fällen mit Dimmung sollen die Anforderungen entsprechend EN 13201-5:2016 festgelegt werden.

### 7.4.1.3 Leistungsfaktor

Die Relevanz des Leistungsfaktors für die Performance von Beleuchtungssystemen ist in Kapitel 2 erläutert. Aus der Sicht von Premium Light Pro werden zwei Anforderungen für 50 Prozent Last und volle Last empfohlen.

#### Premium Light Pro Anforderung:

für die Leuchten sollen folgende Leistungsfaktoren berücksichtigt werden:

- Leistungsfaktor bei 100% Last:  $\cos \phi \geq 0,9$
- Leistungsfaktor bei 50% Last:  $\cos \phi \geq 0,8$  (für dimmbare Systeme)

### Nachweis:

Der Bieter muss den Leistungsfaktor in der technischen Dokumentation deklarieren. Die Deklaration muss entsprechend den relevanten EU-Verordnungen und Standards erfolgen.

## 7.4.2 Qualitätskriterien

### 7.4.2.1 Lichtfarbe, Farbwiedergabe

#### 7.4.2.1.1 Lichtfarbe

Für die Auswahl der Lichtfarbe (Farbtemperatur) ist der Straßentyp bzw. Anwendungsbereich zu berücksichtigen. Typischerweise werden Farbtemperaturen im Bereich von 3.000 K bis 4.000 K gewählt. Gemäß Forschungsergebnissen unterstützt neutralweißes Licht die Wahrnehmung des menschlichen Auges effektiver als warmweißes Licht. Neutralweißes Licht erscheint heller als warmweißes Licht (für Details zum Thema Farbtemperatur siehe Kapitel 2.4.3).

Entsprechend den unterschiedlichen Anwendungsbedürfnissen kann hinsichtlich der Auswahl der Farbtemperatur keine einheitliche Empfehlung gegeben werden. Die Auswahl ist entsprechend dem Anwendungsbereich zu treffen. Premium Light Pro beschränkt sich daher auf allgemeine Empfehlungen.

**Premium Light Pro Empfehlung:**

- Farbtemperatur für Wohngebiete oder Bereiche mit überwiegender Fußgängerernutzung: 3.000 K.
- Farbtemperatur für Hauptstraßen, Schnellstraßen und Bereiche mit komplexen Verkehrssituationen und gemischtem Verkehr: 4.000 K.

**7.4.2.1.2 Farbwiedergabe**

Neben der Farbtemperatur ist auch die Farbwiedergabe für die Wahrnehmung von Objekten und Objektfarben wesentlich. Hinsichtlich Farbwiedergabe lassen sich ebenfalls keine einheitlichen Anforderungen festlegen, sondern können lediglich allgemeine Empfehlungen für unterschiedliche Straßentypen gegeben werden.

**Premium Light Pro Empfehlung:**

- für Hauptstraßen, Schnellstraßen und Bereiche mit komplexen Verkehrssituationen und gemischtem Verkehr: Der Farbwiedergabeindex (CRI) muss mindestens Ra 70 ( $Ra \geq 70$ ) betragen.
- für Wohngebiete oder Bereiche mit überwiegender Fußgängerernutzung: Der Farbwiedergabeindex muss höher als Ra 80 sein.

**7.4.2.1.3 Farbkonstanz**

Die Farbconsistenz spezifiziert die Abweichung der Lichtquelle von der Lichtfarbe eines idealen schwarzen Strahlers. Die Veränderung dieser Farbabweichung

kann auch über die Lebensdauer der Produkte betrachtet werden.

Die Abweichungen werden durch sogenannte MacAdam-Ellipsen spezifiziert (für Details siehe Kapitel 2.4.3).

**Premium Light Pro Anforderung:**

- Die Farbkonsistenz einer Lichtquelle zum Zeitpunkt der Installation muss innerhalb einer fünfstufigen MacAdam-Ellipse liegen.

**Nachweis:**

Der Bieter muss die Information im Datenblatt der Leuchte bereitstellen.

**7.4.2.2 Leuchtdichte oder Beleuchtungsstärke**

Die Leuchtdichte oder Beleuchtungsstärke haben den Anforderungen für die jeweiligen Beleuchtungsklassen gemäß DIN EN 13201 Teil 2 zu entsprechen.

**Premium Light Pro Anforderung**

- Die Beleuchtungsstärke wird entsprechend der Norm DIN EN 13201 festgelegt werden.
- Die Leuchtdichte wird entsprechend der Norm DIN EN 13201 festgelegt werden.

**7.4.2.3 Lichtverteilung: Gleichmäßigkeit und Lichtverschmutzung**

**7.4.2.3.1 Gleichmäßigkeit**

Die Längsgleichmäßigkeit ( $U_l$ ) liefert ein Maß der Wahrnehmbarkeit des wiederholten Musters heller und dunkler Streifen auf der Straßenoberfläche und ist als solche nur für die visuellen Bedingungen auf langen

**Tabelle 7**

Klasse	Fahrbahnleuchtdichte bei trockener bzw. nasser Straßenoberfläche				Physiologische Blendung	Beleuchtung der Umgebung
	– trockene Zustände			nass	trockene Zustände	trockene Zustände
	$L$ [Minimaler Wert] Wartungswert $cd \cdot m^{-2N1}$	$U_o$ [Mindestwert]	$U_{\beta}$ [Mindestwert]	$U_{ow,b}$ [Mindestwert]	$f_{TFC}$ [Höchstwert]	$R_{EId}$ [Mindestwert]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,30

Quelle: DIN EN 13201

ununterbrochenen Abschnitten der Straße relevant und sollte daher nur unter diesen Umständen angewandt werden.

Die in der Spalte angegebenen Werte sind der empfohlene Mindestwert für die spezifische Beleuchtungskategorie; allerdings dürfen sie geändert werden, wo spezifische, die Straßenführung oder -nutzung betreffende, Umstände durch Analyse bestimmt werden oder wo spezielle nationale Anforderungen betroffen sind.

Abweichende Beleuchtungsklassen weisen differenzierte Werte für die Gleichmäßigkeiten  $U_0$  auf. Daher ist mit Festlegung der Beleuchtungskategorie die jeweilige Anforderung an die Gleichmäßigkeit vorgegeben.

#### 7.4.2.3.2 Lichtverschmutzung

Lichtverschmutzung kann als Lichtemission definiert werden, die nicht gewünschte Beleuchtungsaufgaben erfüllt, sondern zur Beleuchtung von Bereichen beiträgt, in welchen diese eigentlich unerwünscht ist (z. B. Nachthimmel, Häuser und Gärten). Wie in Kapitel 2.4.10 näher ausgeführt, sollte Lichtverschmutzung durch geeignetes Beleuchtungsdesign möglichst weitgehend vermieden werden, zumal dadurch die

Beleuchtungseffizienz insgesamt reduziert wird und negative Effekte für Bewohner und die natürliche Umwelt entstehen können (Irritation von Vögeln, Insekten etc.).

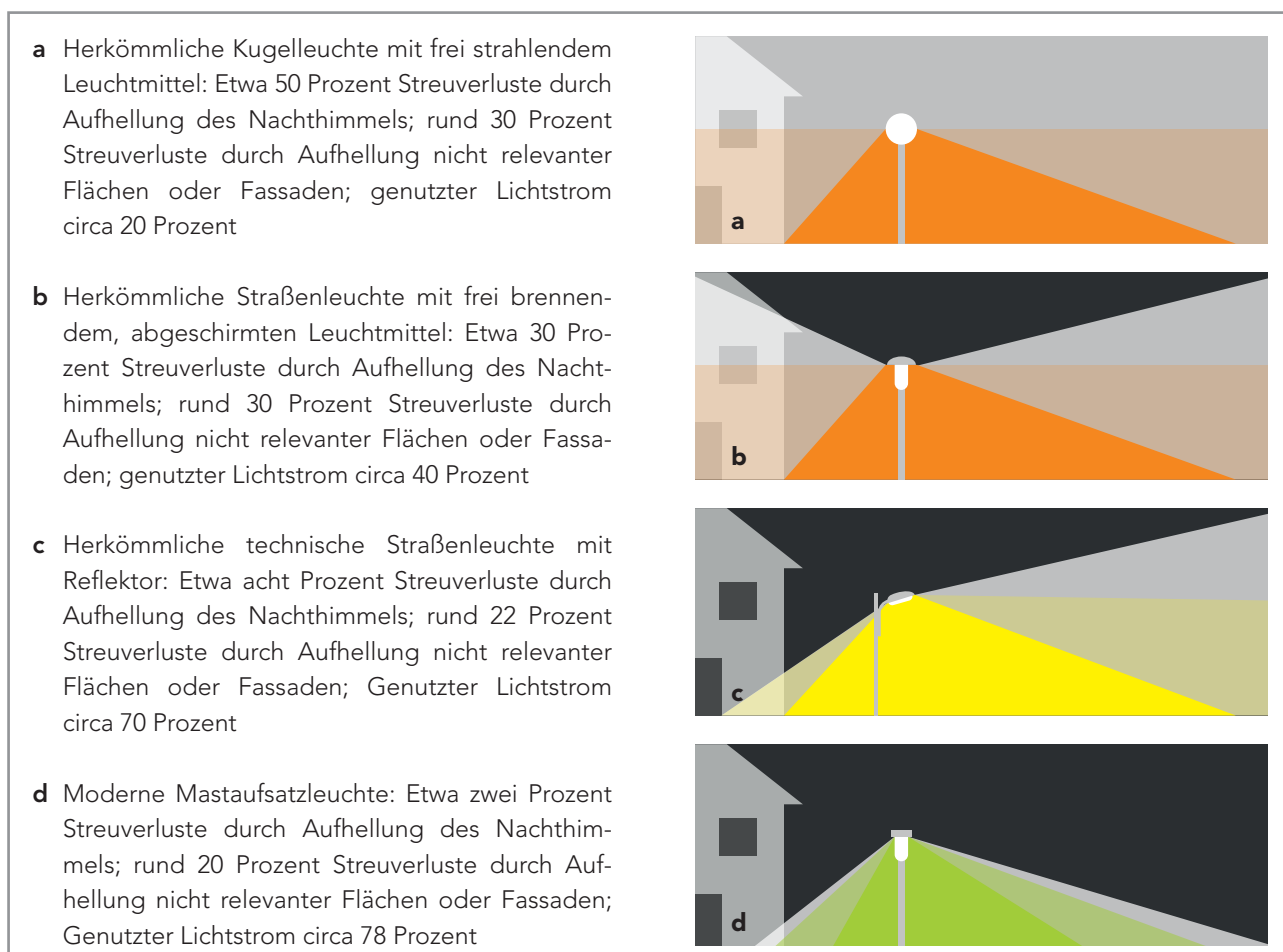
Der wichtigste Indikator zur Lichtverschmutzung ist der nach oben gerichtete Lichtanteil (Upward Light Output Ratio, ULOR), d. h. der Anteil der Lichtemissionen, der über der horizontalen Fläche im Bereich des Lichtpunktes abgegeben wird.

#### Premium Light Pro Anforderung

- Der ULOR-Wert für die Leuchte soll für sämtliche Straßentypen 0% sein, außer wenn aus nachvollziehbaren Gründen eine andere Anforderung gerechtfertigt erscheint.

Die LED-Technologie erlaubt grundsätzlich eine präzisere Lichtverteilung als herkömmliche Technologien und dadurch auch geringere Lichtverschmutzung. Anforderungen an ULOR Werte sind beispielsweise auch im Guide CIE 126:1997 spezifiziert worden.

Für LED-Leuchten werden ausschließlich Flachglaslinsen empfohlen, die eine präzisere und effizientere



Quelle: licht.de

Lichtverteilung erlauben. Damit können unerwünschte Lichtemissionen und beispielsweise Blendung oder Aufhellungen in Fensterflächen an Wohngebäuden vermieden werden.

**Nachweis:**

Der Bieter muss die lichttechnischen Daten (Lichtstärkeverteilungskurven – LVK) bereitstellen, die Informationen zum ULOR-Wert geben könnten.

#### **7.4.2.4 Beleuchtungsklassen zur Blendungsbegrenzung und zur Begrenzung von Störlicht**

Blendung ist ein wichtiges Qualitätskriterium für Straßenbeleuchtung, zumal dadurch nicht nur die Beleuchtungsqualität sondern auch die Sicherheit beeinflusst wird. Sowohl für die physiologische als auch für die psychologische Blendung gibt es Klassifizierungen für unterschiedliche Blendungsniveaus (siehe auch Kapitel 2.4.7) mit den Klassen G1–G6 (physiologische Blendung) und D1–D6 (psychologische Blendung).

**Premium Light Pro Anforderung:**

- Bezüglich der physiologischen Blendung wird eine Lichtstärkeklasse von mindestens G4 oder höher empfohlen. Es sollten generell Systeme mit flachen Abschirmungen verwendet werden.
- Bezüglich der psychologischen Blendung wird für lokale Straßen und Wohngebiete die Verwendung von Produkten der Klasse D6 und für Straßen mit Fußgängerverkehr die Klasse D5 empfohlen.

**Nachweis:**

Die Blendungskategorie ist vom Planer zu ermitteln.

#### **7.4.2.5 Schutzanforderungen für Leuchten**

##### **7.4.2.5.1 Schutzart**

Die Lichtqualität und Leuchtenlichtstrom wird durch die Menge an Staub und Feuchtigkeit, die in die Leuchte eindringen, beeinflusst. Die Leuchte muss daher einen ausreichenden Schutz bezüglich dem Eindringen von Schmutz und Wasser aufweisen. Der Schutzfaktor wird durch die entsprechende IP-Klassifizierung dargestellt (nach CIE 154:2003). Die IP-Klassifizierung ist auch für den Leuchtenwartungsfaktor ausschlaggebend. Im Rahmen der Ökodesignverordnung EC/245/2009 wurde IP65 als Benchmark für die Straßenklassen ME1 bis ME6 und MEW1 bis MEW6 festgelegt. (IP65: kein Eindringen von Staub, kompletter Schutz gegen Regen- und Spritzwasser bei allen Witterungsbedingungen).

**Premium Light Pro Anforderung:**

- Für alle Straßenklassen soll mindestens die Schutzart IP65 verwendet werden.

##### **7.4.2.5.2 Stoßfestigkeit**

Verschiedene Stoßfestigkeitsklassen werden für verschiedene Straßentypen und Anwendungssituationen empfohlen. Für Projekte, in denen vandalensichere Leuchten zum Einsatz kommen müssen, ist die Stoßfestigkeit im Einzelfall festzulegen.

**Premium Light Pro Anforderung:**

- Die Stoßfestigkeitsklasse der Leuchte soll mindestens IK07 oder höher sein.

**Nachweis:**

Die entsprechenden Anforderungen sind vom Hersteller nach den relevanten EU-Verordnungen und Standards entsprechend zu deklarieren.

##### **7.4.2.5.3 Schutzklasse**

Entsprechend ihrem Schutz gegen zu hohe berührbare Spannungen werden Leuchten, ebenso wie elektrische Betriebsmittel, nach DIN VDE 0711 in drei Schutzklassen eingeteilt:

###### **Schutzklasse I**

Bei der Schutzklasse I wird der Benutzer durch eine Isolierung spannungsführender Teile (Basisisolierung) und durch den Anschluss leitfähiger berührbarer Metallteile an den Schutzleiter (Erdung) geschützt. Die Schutzleiter-Anschlussklemme ist mit dem Erdungszeichen (siehe oben) gekennzeichnet. Selbst wenn die Basisisolierung versagt, können berührbare leitfähige Teile keine gefährlichen Spannungen annehmen.

###### **Schutzklasse II**

Bei Leuchten der Schutzklasse II sind spannungsführende Teile zusätzlich zur Basisisolierung mit einer weiteren Schutzisolierung versehen. Ein Schutzleiteranschluss ist nicht erlaubt. Selbst wenn die Leuchten elektrisch leitende Oberflächen haben, sind sie durch eine verstärkte Isolierung vor Kontakt mit spannungsführenden Teilen geschützt.

###### **Schutzklasse III**

Bei Leuchten der Schutzklasse III beruht der Schutz auf der Anwendung von Schutzkleinspannung SELV (Safety Extra-Low Voltage). Typisches Anwendungsbeispiel ist die Teich- oder Schwimmbadbeleuchtung. Die Versorgungsspannung wird in Verbindung mit einem Sicherheitstrafo (oder gleichwertigem Gerät) hergestellt.

#### **Premium Light Pro Anforderung:**

- Die Leuchten sollten in Schutzklasse II ausgeführt werden.

#### **7.4.2.5.4 Überspannungsschutz**

Überspannungsschutz bietet Schutz gegen Schäden durch Überspannung. Je nach Einsatzort kann der Lichtpunkt unterschiedlichen Überspannungsbelastungen ausgesetzt sein. So ist eigentlich immer mit Schaltüberspannungen zu rechnen und bei atmosphärischen Entladungen mit indirekten oder direkten Blitzstrombeeinflussungen.

#### **Premium Light Pro Anforderung:**

- Die Installation von Kabelübergangskasten und Leuchte soll einen Überspannungsschutz im Bereich bis zu 10 kV haben.

Damit ist das System mit Ausnahme von extremen Überspannungen gut geschützt. Ein Überspannungsschutz im Bereich bis 4 kV wird häufig angewendet [SES].

#### **Nachweis:**

Der Überspannungsschutz ist vom Planer unter Berücksichtigung des Überspannungsschutzes der im Kabelübergangskasten verbaut wird zu deklarieren.

#### **7.4.2.5.5 Schutzisolierung (IEC)**

Die Schutzisolierung sichert eine ausreichende Isolierung von Teilen im Falle eines Defekts.

#### **Premium Light Pro Anforderung:**

- Alle Leuchten sollen einen elektrischen Schutz gemäß Klasse II aufweisen.

Dies stellt sicher, dass es zwei Isolierungsschichten gibt, die im Falle eines Defekts ausreichenden Schutz von Bauteilen liefern.

### **7.4.3 Konformitätskennzeichnung**

Konformitätskennzeichnungen stellen sicher, dass die Komponenten der Beleuchtungsanlage die wesentlichen Standards für elektrische Produkte erfüllen. Die CE-Kennzeichnung ist für jegliche Produkte verpflichtend, die im EU-Raum angeboten werden und wird daher als Anforderung nicht gesondert angeführt.

#### **Premium Light Pro Anforderung:**

Alle Komponenten sollen die folgende Konformitätskennzeichnung aufweisen:

- ENEC (European Norm Electromechanical Certification).

#### **Nachweis:**

Vom Anbieter ist für die Beleuchtungsanlage eine Konformitätskennzeichnung nachzuweisen.

#### **7.4.3.1 Lebensdauer, Garantie und Reparierbarkeit**

##### **7.4.3.1.1 Lebensdauer des LED-Moduls**

Das Kriterium für die mittlere Lebensdauer ist als  $L_{80}B_{50}$ -Anforderung spezifiziert.

#### **Premium Light Pro Anforderung:**

- Die Leuchte muss eine mittlere Bemessungslebensdauer bezogen auf  $L_{80}$  aufweisen.

Die Richtlinien von topstreetlight.ch fordern beispielsweise ebenfalls eine Lebensdauer von mindestens 70.000 Stunden. [SES]

#### **Nachweis:**

Der Anbieter muss die technischen Spezifikationen der Leuchte nachweisen (Normen zur Arbeitsweise von LED-Leuchten: IEC 62722-1:2014-09; Arbeitsweise von Leuchten – Teil 1: Allgemeine Anforderungen; IEC 62722-2-1:2014-11; Arbeitsweise von Leuchten – Teil 2-1: Besondere Anforderungen an LED-Leuchten; Norm zur Arbeitsweise von LED-Modulen: IEC 62717:2014-12+AMD:2015; LED-Module für Allgemeinbeleuchtung – Anforderungen an die Arbeitsweise).

##### **7.4.3.1.2 Lebensdauer von Betriebsgeräten**

Betriebsgeräte sind eine häufige Fehlerquelle und daher ein wesentlicher Faktor, der den Bedarf für Wartung und Reparatur erheblich beeinflusst. Qualitativ hochwertige Komponenten erreichen eine Lebensdauer von 50.000 Stunden, wohingegen Komponenten niedriger Qualität nur 30.000 Stunden oder weniger schaffen.

#### **Premium Light Pro Anforderung:**

Die Ausfallsrate bei Vorschaltgeräten muss niedriger als 0,1 Prozent pro 1.000 Stunden sein, bzw. niedriger als 5 Prozent nach 50.000 Stunden.

#### **Nachweis:**

Der Bieter muss die technischen Daten des Betriebsgeräts deklarieren (basierend auf anerkannten Messmethoden, die, sofern verfügbar, auf anerkannten Europäischen Normen basieren sollen).

##### **7.4.3.1.3 Garantie**

Garantien für das Beleuchtungssystem bzw. für Komponenten sind relevante Vertragsaspekte, die die erwartete Lebensdauer von Projekten absichern. Eine lange Lebensdauer kann eine höhere anfängliche

Investition in qualitativ hochwertigere Beleuchtungslösungen rechtfertigen.

Für Wartung und Reparatur sollten keine proprietären Werkzeuge erforderlich sein.

#### **Premium Light Pro Anforderung:**

Die Garantie oder die Servicevereinbarung sollten mindestens eine Periode von 10 Jahren umfassen und folgende Aspekte abdecken:

- a Defekte LED Module, Betriebsgeräte oder andere Ersatzteile sollen kostenfrei ersetzt werden.
- b Wenn die Leuchte weniger Licht als 10% Bemessungslichtstrom im Neuzustand abgibt als spezifiziert, ist sie ebenfalls als defekt zu betrachten und der Hersteller ist verpflichtet für kostenfreien Ersatz zu sorgen. Die Dokumentationspflicht obliegt dem Beschaffer.

Die Garantie sollte folgende Fälle exkludieren:

- c Leuchten, die aufgrund von Vandalismus, Unfällen, Blitzschlag oder Sturm defekt sind .
- d Leuchten bzw. LED Module, die für einen signifikanten Zeitraum unter abnormen Bedingungen betrieben worden sind (z.B. Nutzung unter falscher Spannung), sofern das vom Hersteller nachgewiesen werden kann

#### **7.4.3.1.4 Reparierbarkeit und Verfügbarkeit von Ersatzteilen**

Zu Ersatzteilen zählen LED Module, Betriebsgeräte, Steuerelemente, Ersatzscheiben oder -wannen, LED-Module und weitere Kleinteile. Das Leuchtengehäuse zählt nicht zu den Ersatzteilen.

#### **Premium Light Pro Anforderung:**

- Die Verfügbarkeit von Ersatzteilen soll über 10 Jahre hinweg garantiert sein. Betreffend der Reparierbarkeit müssen die Lichtquelle (LED-Modul) und relevante Komponenten leicht zugänglich und ersetzbar sein (z. B. direkt am Montagepunkt). Die Reparatur soll mit Standardwerkzeug möglich sein.

Verschiedene öffentliche Stellen fordern eine noch längere Verfügbarkeit von Ersatzteilen von beispielsweise 15 Jahren.

Heute zeigt sich unter anderem der Trend dazu, dass LED-Module komplett in Leuchten integriert sind und nicht durch neue Module ersetzt werden können.

Angesichts der gegenwärtig verfolgten Strategie zur Kreislaufwirtschaft, sollte allerdings eine Austauschbarkeit der LED-Module empfohlen werden.

#### **Nachweis:**

Eine entsprechende Garantie oder ein Service-Agreement ist vom Anbieter entsprechend zur Verfügung zu stellen. Die Ersatzteile sind entsprechend zu spezifizieren. Eine Ersatzteilliste ist gemeinsam mit einer Montageanleitung zur Verfügung zu stellen, die die Demontage und Montage der Komponenten beschreibt bzw. illustriert.

### **7.4.4 Lebenszykluskosten oder Gesamtkosten des Betriebes**

Die Wirtschaftlichkeit von LED-Beleuchtungssystemen lässt sich am besten mit einem Lebenszykluskosten-Ansatz bewerten. Während die Beschaffungskosten deutlich höher sein können als bei traditionellen Systemen, sind die Gesamtkosten inkl. Betriebs- und Wartungskosten häufig niedriger. Eine Gesamtanalyse kann daher gegebenenfalls höhere Anfangskosten rechtfertigen.

#### **Premium Light Pro Anforderung:**

Der Bieter hat eine Lebenszykluskosten- (Life Cycle Costing – LCC) bzw. Gesamtkostenberechnung für den Betrieb (Total Cost of Ownership – TCO) für die Straßenbeleuchtung zur Verfügung zu stellen, basierend auf einer Methodik, die vom Beschaffer spezifiziert wird. Beispielsweise kann einer der folgenden Ansätze verwendet werden:

- die Barwertmethode wie in CIE 115:2010 Technical Report, p. 24 dargestellt. [CIE]
- Die „durchschnittliche jährliche Kosten“-Methode wie in CIE 115:2010 Technical Report, p. 24 dargestellt. [CIE]

TCO-Bewertungen sollten unter anderem die folgenden Kostenarten und Kalkulationsparameter berücksichtigen: Arbeitskosten, Stromkosten, erwartete Lebensdauer der Leuchten und Lichtmaste, Wartungskosten (Zeitaufwand und Häufigkeit für die Leuchtenreinigung, Zeitaufwand für die Reparatur, etc.). Für die Berechnung der energetischen Kosten ist der Indikator



des jährlichen Stromverbrauchs (AECI) oder Indikator der Leistungsdichte (PDI) heran zu ziehen (siehe DIN EN 13201 Teil 5).

**Nachweis:**

Der Bieter muss eine LCC/TCO-Kalkulation basierend auf anerkannten Kalkulationsmethoden vorlegen, die vom Beschaffer zu spezifizieren sind.

## 7.4.5 Vertragliche Aspekte

Verschiedene Anforderungen hinsichtlich der Angebote beziehen sich nicht auf technische sondern auf vertragliche Aspekte.

Die korrekte Installation des Systems ist beispielsweise eine grundsätzliche Anforderung, die den sicheren und effizienten Betrieb sicherstellt. Die Beschaffungskriterien sollen daher auch Anforderungen hinsichtlich der Installation und der unterstützenden Information und Dokumentation für die Wartung beinhalten.

### 7.4.5.1 Korrekte Installation und Kalibrierung

Eine korrekte Installation und Kalibrierung ist entsprechend wichtig, um die Qualität der Beleuchtung sicherzustellen. Die folgenden Anforderungen sollen gewährleisten, dass die Beleuchtung mit den Spezifikationen der Planung und den relevanten Standards übereinstimmt.

#### 7.4.5.1.1 Korrekte Installation

**Premium Light Pro Anforderung:**

Der Bieter muss:

- sicherstellen, dass das Beleuchtungssystem einschließlich aller Komponenten (Leuchten, Betriebsgeräte, Messsysteme für Steuerungszwecke) exakt der Ausschreibung entsprechend installiert ist.
- eine Dokumentation der Systemkomponenten zur Verfügung stellen, die bestätigt, dass alle Komponenten der Ausschreibung entsprechen.
- eine Messung für ein zufällig ausgewähltes Straßensegment durchführen, die die Übereinstimmung mit den Spezifikationen und den relevanten Standards belegt. Unter anderem sollen der PDI und AECI auf Basis einer einwöchigen Messung nach EN 13201 ermittelt werden (Berechnung mit einer Toleranz von  $\pm 10$  Prozent).
- verifizieren, dass die Anforderungen hinsichtlich Lichtverschmutzung eingehalten werden (Nachmessung des Auslegerwinkels für zufällig ausgewählte Leuchten ( $\pm 2^\circ$  Toleranz max.).

**Nachweis:**

Der Bieter muss alle erforderlichen Informationen und Dokumente zur Verfügung stellen.

#### 7.4.5.1.2 Kalibrierung

**Premium Light Pro Anforderung:**

Der Bieter muss sicherstellen, dass die Lichtmanagementfunktionen planungsgemäß funktionieren und der Energieverbrauch nicht höher ist, als in der Planung spezifiziert. Insbesondere die folgenden Funktionen müssen korrekt kalibriert sein und ordnungsgemäß funktionieren:

- tageslichtabhängige Steuerung
- verkehrsabhängige Steuerung
- Zeitschaltung

**Nachweis:**

Der Bieter muss das System entsprechend den Anforderungen bzw. Spezifikationen abstimmen. Im Weiteren sind entsprechende Informationen und eine Dokumentation für den Betrieb und die Wartung der Managementfunktionen zur Verfügung zu stellen.

#### 7.4.5.1.3 Dokumentation betreffend Wartung, Ersetzung und Rekalibrierung

**Premium Light Pro Anforderung:**

Eine verständliche Dokumentation soll sicherstellen, dass der Betreiber des Beleuchtungssystems mit allen relevanten Informationen ausgestattet ist, die für den effizienten Betrieb und die Wartung notwendig sind. Folgende Informationen müssen zur Verfügung stehen:

- Anweisung zur Demontage der Leuchten
- Anweisungen hinsichtlich Betrieb und Rekalibrierung der Lichtmanagementfunktionen sowie zur Anpassung von Abschaltzeiten.

**Nachweis:**

Der Bieter muss eine entsprechende Dokumentation und Hinweise für die verantwortlichen Mitarbeiter zur Verfügung stellen.

## 7.4.6 Reduktion von Abfall und Rückgewinnung von Materialien

Reduktion von Abfall und Rückgewinnung von Rohmaterialien sind für viele Beleuchtungsprojekte essentiell, zumal auch viele neue Systeme die alten Systeme ergänzen. Erhebliche Abfallmengen müssen



gesammelt werden, damit verschiedene Materialien rückgewonnen werden können.

**Premium Light Pro Anforderung:**

Während der Demontage und der Neuinstallation müssen alle relevanten Komponenten gemäß der WEEE-Richtlinie (Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte) der EU getrennt und wiederverwertet werden [WEEE].

**Nachweis:**

Der Bieter muss darstellen, wie Abfälle im Zuge der Deinstallation von Altsystemen und der Installation von neuen Beleuchtungssystemen gesammelt und verwertet werden.

## 7.5 Premium Light Pro Zuschlagskriterien – Gewichtung und Ergebnis

Im vorhergehenden Abschnitt werden sowohl obligatorische Mindestkriterien als auch Zuschlagskriterien spezifiziert. Für die in Tabelle 8 gelisteten Auszeichnungskriterien wird auch ein Punktesystem angewendet, das eine Reihung der Angebote ermöglicht. Für die Berechnung der endgültigen Punktzahl wird eine Gewichtung von verschiedenen Kriterien benötigt. Der

folgende Abschnitt gibt einen Vorschlag für ein mögliches Gewichtungskonzept.

Für Projekte, bei denen ein robuster Lebenszykluskosten-Ansatz angewendet werden kann, der die Hauptparameter in Bezug auf Investitions-, Betriebs- und Wartungskosten abdeckt, müssen nur einige zusätzliche Parameter einschließlich Qualität, Design, Garantie und End-Of-Life-Aspekte berücksichtigt werden. Energieverbrauch und Wartung werden bereits in den Elektrizitäts- und Wartungskosten berücksichtigt. Folglich ist die Gewichtung der Lebenszyklus-Kriterien vergleichsweise hoch.

Die Gewichtung der Kriterien wird typischerweise an lokale Anforderungen angepasst. Daher ist die hier vorgeschlagene Gewichtung nur eine von vielen Möglichkeiten.

**Tabelle 8** Auszeichnungskriterien

Zuschlagskriterium	Gewichtung [%]	
Kostenkriterien basierend auf einer Lebenszykluskostenbetrachtung	50	
Lebenszykluskostenbetrachtung	Investitionskosten	15
	Stromkosten	20
	Wartungskosten	15
Qualitäts- und Planungskriterien	30	
Lichtqualität	20	
Planung	10	
Garantie & Reparierbarkeit	20	
Garantie	10	
Verfügbarkeit von Ersatzteilen, recyclingorientiertes Design	10	
Gesamt	100	

## Literaturverzeichnis

---

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016) – Klimaschutz in neuem Licht Die LED-Leitmarktinitiative: Innovation für Kommunen und Wirtschaft unter:

[https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/publication/filenki\\_klimaschutz\\_in\\_neuem\\_licht\\_bf.pdf](https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/publication/filenki_klimaschutz_in_neuem_licht_bf.pdf)

CIE – CIE 115:2010 Technical Report “Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic”, Commission Internationale De L’Eclairage

DIN EN 12665: Licht und Beleuchtung – Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung Angewandte Lichttechnik (08.09). Beuth, Berlin 2009

DStGB Dokumentation NR. 143 – Kommunale Beleuchtung (2017) unter:

[https://www.dstgb.de/dstgb/Homepage/Publikationen/Dokumentationen/Nr.%20143%20-%20Kommunale%20Beleuchtung/Doku143\\_Beleuchtung\\_final.pdf](https://www.dstgb.de/dstgb/Homepage/Publikationen/Dokumentationen/Nr.%20143%20-%20Kommunale%20Beleuchtung/Doku143_Beleuchtung_final.pdf)

EN 13201-2:2015 – Street lighting – Part 2: Performance requirements

GPP – Revision of the EU Green Public Procurement Criteria for Street Lighting and Traffic Signals (2016); Technical report and criteria proposal (1st draft)

LRT – An examination of the fundamentals of street lighting for pedestrians and drivers (2004). P Raynham. Lighting Res. Technol. 36, 4 2004 pp. 307–316

SdN – Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft (2013). BfN-Skripten 336, Bundesamt für Naturschutz, M. Held, F. Hölker, B. Jessel (Editors)

SES – Straßenbeleuchtung (2016). Effiziente Systeme – Empfehlungen für Gemeindebehörden und Beleuchtungsbetreiber. [topstreetlight.ch](http://topstreetlight.ch)

VEJ – Handbook Street Lighting – Construction and Planning (2015). Vejregler, Denmark

WEEE – Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE)

ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (2016): Leitfaden Planungssicherheit in der LED-Beleuchtung Begriffe, Definitionen und Messverfahren: Grundlagen für Vergleichbarkeit, Frankfurt am Main

ZVEI 1 – licht.wissen 01 – Die Beleuchtung mit künstlichem Licht unter:

[https://www.licht.de/fileadmin/Publikationen\\_Downloads/1603\\_lw01\\_Kuenstliches-Licht\\_web.pdf](https://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/1603_lw01_Kuenstliches-Licht_web.pdf)

ZVEI2 – Überspannungsfestigkeit in Leuchten der Schutzklasse II für die Straßenbeleuchtung (2014). Informationspapier, Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

ZVEI3 – Information zum Dimmen von LED-Lichtquellen (2014). ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie e.V., 2014

## PremiumLight-Pro Konsortium:



**Österreich**  
Austrian Energy Agency  
[www.energyagency.at](http://www.energyagency.at)



**Tschechische Republik**  
SEVEn, The Energy Efficiency Center  
[www.svn.cz](http://www.svn.cz)



**Energy piano**  
**Dänemark**  
Energy piano



**Portugal**  
Institute for Systems and Robotics,  
University of Coimbra



**Großbritannien**  
Energy Saving Trust  
[www.energysavingtrust.org.uk](http://www.energysavingtrust.org.uk)



**Dänemark**  
co2online gGmbH  
[www.co2online.de](http://www.co2online.de)



**Italien**  
Politecnico Milano  
[www.energia.polimi.it](http://www.energia.polimi.it)



**Spanien**  
Ecoserveis  
[www.ecoserveis.net](http://www.ecoserveis.net)



**Polen**  
FEWE, Polish Foundation for Energy  
Efficiency, [www.fewe.pl](http://www.fewe.pl)

## Impressum

### Herausgeber

co2online gemeinnützige GmbH · Hochkirchstraße 9 · 10829 Berlin  
E-Mail: [kontakt@co2online.de](mailto:kontakt@co2online.de) · Internet: [www.co2online.de](http://www.co2online.de) · [www.premiumlightpro.de](http://www.premiumlightpro.de)  
Vertretungsberechtigte Geschäftsführer: Dr. Johannes D. Hengstenberg, Tanja Loitz  
Amtsgericht Berlin-Charlottenburg, Handelsregister-Nr.: HRB 912 49, Umsatzsteuer-Identifikations-Nr.: DE233964948

### Redaktion

Medienbüro Jens Brehl · Petersgasse 9 · D-36037 Fulda

### Text

Premium Light Pro Konsortium  
Peter Reuff (Dipl.-Ing.) · Peter Reuff Licht  
Kai Nitschke, AG Öffentlichkeit und Politik im Fachverband Licht des ZVEI e. V.

### Gestaltung

Indivisual Berlin, Mia Sedding · Paul-Lincke-Ufer 44a · 10999 Berlin · [www.indivisual-berlin.de](http://www.indivisual-berlin.de)

### Stand

Mai 2018  
1. Auflage

*The sole responsibility for the content of this Document lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Union. Neither the EASME nor the European Commission is responsible for any use of the information contained therein.*