Hinweis zu den angebotenen Unterlagen

Die auf den Webseiten angebotenen Unterlagen sollen die Beschaffer vor Ort im Bereich der nachhaltigen Beschaffung unterstützen. Die Unterlagen wurden nach bestem Wissen und Gewissen erstellt. Es handelt sich hierbei um ein frei bleibendes und unverbindliches Angebot. Daher sind Haftungsansprüche, welche sich auf Schäden materieller oder ideeller Art beziehen, die durch die Nutzung oder Nichtnutzung der dargebotenen Unterlagen bzw. durch die Nutzung fehlerhafter und unvollständiger Informationen verursacht wurden, ausgeschlossen, sofern seitens des Autors und/oder Veröffentlichers kein nachweislich vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verschulden vorliegt. Der Autor behält es sich ausdrücklich vor, Teile der Unterlagen oder das gesamte Angebot ohne gesonderte Ankündigung zu verändern, zu ergänzen, zu löschen oder die Veröffentlichung zeitweise oder endgültig einzustellen. Für jeden Beschaffungsfall ist eine individuelle Betrachtung des jeweiligen Sachverhalts notwendig, die eine Anpassung der Unterlagen erforderlich machen kann.

Dokumenttitel: LED-Innenbeleuchtung Planung & Beschaffung - Leitfaden
Dokumentenart: Leitfaden
Herausgeber: KNBBund
Organisationseinheit: co2online gemeinnützige GmbH
Bundesland: Bund
Einstelldatum: 26.10.2018

Verschlagwortung: LED Innenbeleuchtung Planung Beschaffung Leitfaden
Vergabeart: keine-Vergabe
Nachhaltigkeitsaspekte: Ökologisch, Ökonomisch
National: nein
Priorisiert: nein
Dateiname: Innenbeleuchtung_Leitfaden_Planung und Beschaffung.pdf
Dateigröße: 865,21 KB
Dateityp: application/pdf
Dokument ist barrierefrei/barrierearm: nein

Kurzbeschreibung:
Der vorliegende Leitfaden vermittelt die technischen und vergaberechtlichen Grundlagen der LED-Technologie. Darüber hinaus finden Interessierte Links zu weiterführenden Informationen.

PREMIUM LIGHT PRO

This project is funded by the European Union

LED-Innenbeleuchtung

Planung & Beschaffung

Leitfaden

Inhaltsverzeichnnis

1. Einführung 5
   1.1 Warum LEDs in Kommunen? 5
   1.2 „Premium Light Pro“ unterstützt Kommunen beim Umstieg 6

2. Grundlagen der LED-Technologie 7
   2.1 Leuchte, Lampe und Lichtquelle 7
   2.2 Aufbau der Lichtquelle 7
   2.3 Funktionen von Licht 8
   2.4 Grundbegriffe der Lichttechnik 8
      2.4.1 Lichtstrom 8
      2.4.2 Beleuchtungsstärke 8
      2.4.3 Lichtfarbe/Farbtemperatur 9
      2.4.4 Farbwiedergabe 9
      2.4.5 Lichtausbeute 9
      2.4.6 Lebensdauer 9
      2.4.7 Blendung 10
      2.4.8 Reflexionsgrad 10
      2.4.9 Wartungswert 10
   2.5 Bauformen von LEDs 11

3. Lichtplanung mit LEDs 13
   3.1 Gebäudetypologien und Beleuchtungsanforderungen 13
   3.2 Beleuchtungskonzepte 14

4. Einsparpotenziale mit LED erkennen 15
   4.1 Lebenszyklusbetrachtung 15
   4.2 Betrachtungszeitraum festlegen 16

5. Finanzierung von Beleuchtungsprojekten 17
   5.1 Fördermittel 17
   5.2 Beleuchtungs-Contracting 17

6. Vergaberechtliche Anforderungen 19
   6.1 Wahl des Ausschreibungsverfahrens 19
   6.2 Eignungs- und Zuschlagskriterien 19

7. Beschaffungskriterien für die Innenbeleuchtung 21
   7.1 Energieverbrauch neuer Beleuchtungsanlagen 26
   7.2 (System) Lichtausbeute 26
   7.3 Standby-Energieverbrauch 26
   7.4 Farbtemperatur und Farbtoleranz 26
   7.5 Farbwiedergabe 27
   7.6 Mittlere Bemessungslebensdauer 27
   7.7 Bemessungsleistung 27
   7.8 Umgebungstemperatur und Treibertyp 28
   7.9 Flimmern 28
   7.10 Blendung 28
   7.11 Fotobiologische Sicherheit 29
   7.12 Lichtmanagement 29
   7.13 Wartungsfaktor und Wartungsplan 29
   7.14 Lebenszyklus-Kosten 30
   7.15 Erfahrungen (Vorqualifikation) und Pflichten des Auftragnehmers 30
   7.16 Inbetriebnahme und Übergabe der Beleuchtungsanlage an den Nutzer 31
   7.17 Umwelt und Ressourcen 31
   7.18 Bewertung der Angebote 31

Literaturverzeichnis 35

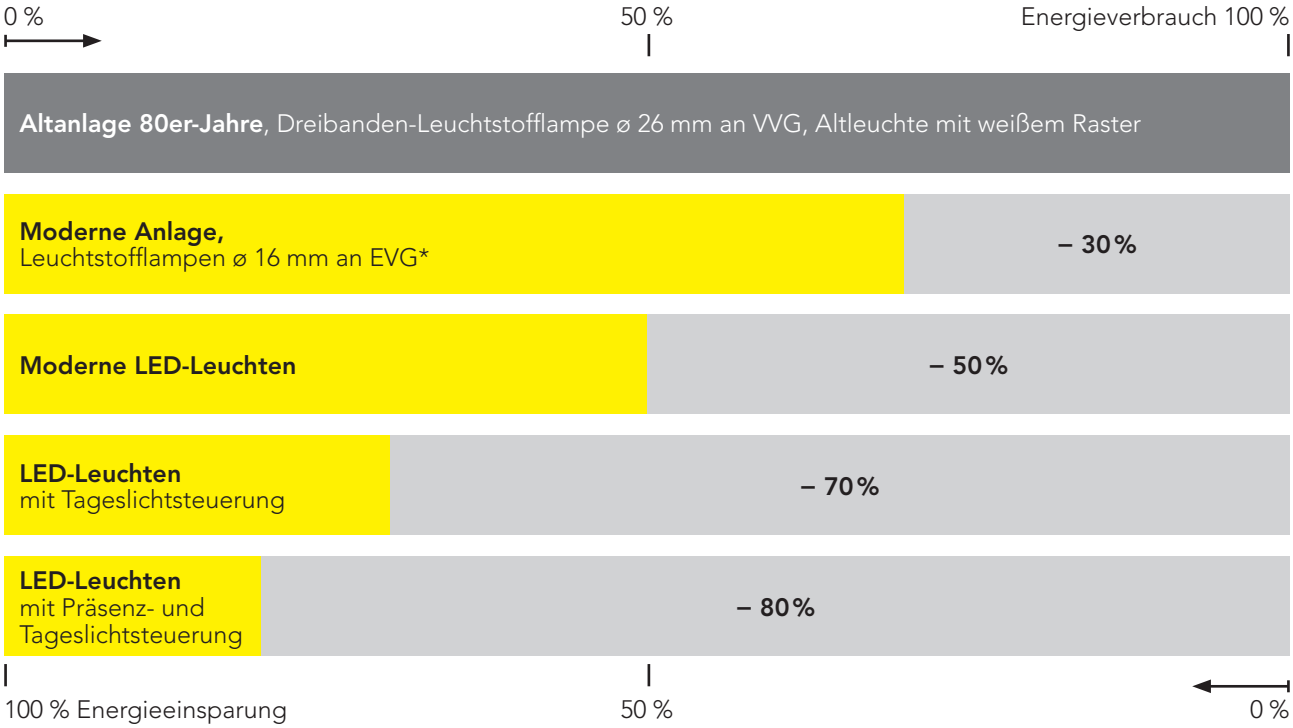
1. Einführung

1.1 Warum LEDs in Kommunen?

Die Einführung der LED (Licht emittierende Diode) hat den Beleuchtungsmarkt revolutioniert. Sowohl in Punkto Lebensdauer, Energieverbrauch als auch bei Wartung und Entsorgung sind LEDs wahre Musterschüler. Gegenüber bisherigen Technologien ermöglicht sie hohe Energieeinsparungen. Je nach Ausgangslage sind im Bereich der Innenbeleuchtung Einsparungen von bis zu 80 Prozent möglich. Das entlastet nicht nur das Klima, sondern spart zudem erhebliche Kosten. Es ist deshalb davon auszugehen, dass die LED-Technologie konventionelle Technologien in den kommenden Jahren vollständig vom Markt vertreiben wird.

Lebensdauer von LEDs: Mit einer Lebensdauer von 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)

Sparpotenziale Innenbeleuchtung



Beispiel für 2-Achs-Büro

* Leuchtstofflampe an EVG mit sehr geringer Verlustleistung, energieeffiziente direkt oder direkt/indirekt strahlende Leuchten mit moderner Lichtlenktechnik.

Quelle: licht.de

Tabelle 1 *Einsparpotenziale der Beleuchtung in Deutschland pro Jahr nach Schätzungen des Zentralverbandes der Elektrotechnik und Elektroindustrie (ZVEI)*

	Energieeinsparung	CO_2-Einsparung	Kosteneinsparung
Straßenbeleuchtung	2,7 Milliarden KWh	1,6 Millionen Tonnen	400 Millionen Euro
Bürobeleuchtung	3,2 Milliarden KWh	1,9 Millionen Tonnen	475 Millionen Euro
Industriebeleuchtung	8,3 Milliarden KWh	5,0 Millionen Tonnen	1,2 Milliarden Euro
Private Beleuchtung	7,5 Milliarden KWh	4,5 Millionen Tonnen	1,1 Milliarden Euro

Städten und Gemeinden kommt bei der Umstellung auf die neue LED-Technologie eine zentrale Rolle zu. Zum einen übernehmen sie als öffentliche Akteure eine wichtige Vorbildfunktion für andere Anwender. Zum anderen ist die Beleuchtung für einen großen Anteil des öffentlichen Energieverbrauchs verantwortlich. Durch die flächendeckende Umstellung in deutschen Städten und Gemeinden auf energieeffiziente LEDs können Kommunen ihren Energieverbrauch erheblich senken und Energiekosten sparen. Allein bei der Bürobeleuchtung liegt das Einsparpotenzial bei etwa 3,2 Milliarden Kilowattstunden und 475 Millionen Euro [ZVEI]. Gleichzeitig tragen Kommunen durch die Umstellung auf energieeffiziente Beleuchtung dazu bei, die Energiewende in Deutschland entscheidend voranzutreiben.

1.2 „Premium Light Pro" unterstützt Kommunen beim Umstieg

Auch wenn die LED-Technologie Kommunen große Potenziale bieten, 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) 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 technischen und vergaberechtlichen Grundlagen der LED-Technologie. Darüber hinaus finden Interessierte Links zu weiterführenden Informationen. Herzstück des Leitfadens sind die Beschaffungskriterien auf Seite 20, 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 Öko-Design Richtlinie sowie der Energieeinsparverordnung (ENEV) angepasst.

Die Kampagne „Premium Light Pro" wird in Deutschland von der gemeinnützigen co2online GmbH (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. Die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e. V. (LiTG) und der Fachverband Licht des Zentralverbandes Elektrotechnik- und Elektroindustrie e. V. (ZVEI) unterstützen die Kampagne in Deutschland inhaltlich.

2. Grundlagen der LED-Technologie

Während bei konventionellen 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 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.

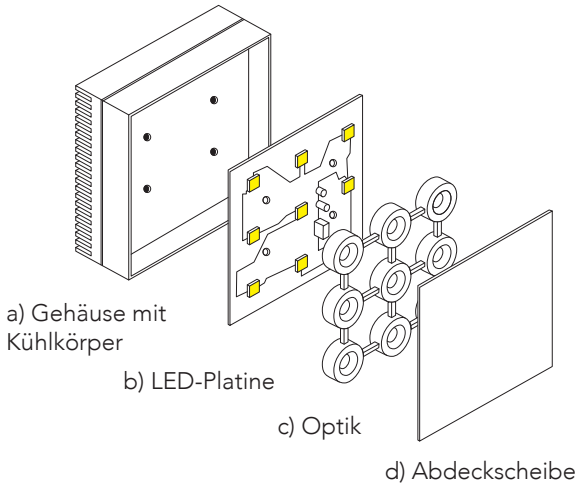
In diesem Kontext kann eine „Leuchte" eine oder mehrere „Lampen" enthalten, die wiederum mit einer oder mehreren Lichtquellen ausgestattet sein kann.

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. Darüber hinaus lässt sich mit dem richtigen Einsatz von Licht aber auch eine biologische Wirkung erzielen. So unterstützt Licht den circadianen Rhythmus und kann entweder aktivierend oder entspannend wirken. Durch den gezielten Einsatz von Licht können aber auch Emotionen geweckt und Räume bewusst gestaltet werden.

Licht wirkt dreifach

Licht für visuelle Funktionen – sichert störungsfreies Sehen, blendfrei und komfortabel

Licht mit biologischer Wirkung – unterstützt den circadianen Rhythmus, aktiviert oder entspannt

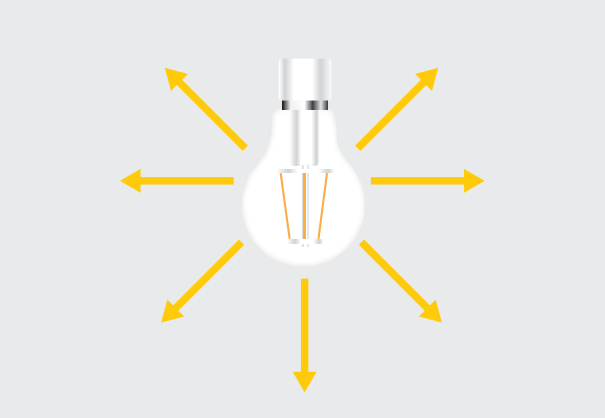
Licht mit emotionaler Qualität – inszeniert Architektur und Raum, gestaltend und wohltuend

2.4 Grundbegriffe der Lichttechnik

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

2.4.1 Lichtstrom

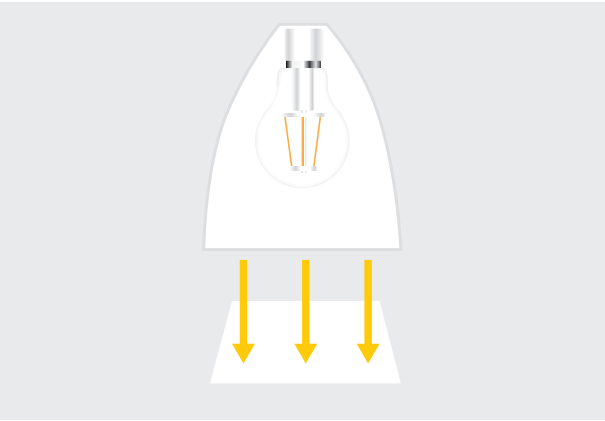
Der Lichtstrom dient als Maßstab für die vom menschlichen Auge wahrgenommene Gesamthelligkeit eines Leuchtmittels. Er gibt an, wie viel Licht eine Lichtquelle in alle Richtungen abgibt. Er beschreibt die gesamte Lichtleistung und wird in Lumen (lm) gemessen.



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.



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 2 *Lichtfarben der Lichtquellen*

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

Die Farbtemperatur von LEDs beeinflusst sehr stark die Wahrnehmung eines bestimmten Raumes und die jeweilige Stimmung. Während warmweißes Licht gemütlicher wirkt und deshalb vor allem in Wohnräumen zum Einsatz kommt, werden in Büroräumen eher neutralweiße Lampen verwendet (siehe auch Kapitel 4).

2.4.4 Farbwiedergabe

Für die Anwendung spielt neben der Farbtemperatur auch die Farbwiedergabe eine wichtige Rolle. Während die Lichtfarbe das Raumklima bestimmt, ist es für unser Wohlbefinden wichtig, dass die Farben der Umgebung und der menschlichen Haut möglichst wirklichkeitsgetreu wiedergegeben werden. Die Farbwiedergabe einer Lichtquelle bezeichnet die Wirkung, die ihr Licht auf farbigen Gegenständen hervorruft. Sie wird durch den sogenannten Farbwiedergabeindex (R_a) dargestellt. Je höher der R_a ist, desto wirklichkeitsgetreuer werden die Farben wiedergegeben. Optimal wäre ein R_a von 100. Dann werden alle Farben natürlich wiedergegeben. Üblicherweise werden in der Realität Farbwiedergabewerte von > 80 erreicht.

2.4.5 Lichtausbeute

Die Lichtausbeute ist das Maß für die Effizienz von Lichtquellen und Leuchten. Sie gibt an, wieviel 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. 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 $L_{80}B_{50}$, 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 Lichtstromrückgang einer Leuchte hängen von den elektrischen und thermischen Betriebsdaten, der Umgebungstemperatur und anderen Parametern ab. Zudem ist ebenfalls die Lebensdauer der Betriebsgeräte zu berücksichtigen.

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

2.4.7 Blendung

Durch Blendung kann das Sehen erheblich erschwert werden. Blendung kann entweder direkt von Lampen oder großen Lichtflächen wie zum Beispiel Fenstern ausgehen oder aber indirekt von reflektierenden glänzenden Flächen. Blendung hängt von der Leuchtdichte und Größe der Lichtquelle, ihrer Lage zum Betrachter sowie der Helligkeit des Umfeldes und des Hintergrundes ab. Durch die richtige Anordnung und Abschirmung der Leuchten und die Auswahl heller Farben und matter Oberflächen kann Blendung minimiert werden – ganz zu vermeiden ist sie jedoch nicht. Während Direktblendung bei der Straßenbeleuchtung vor allem ein Sicherheitsthema ist, sollte Direktblendung im Büro vermieden werden, um gute Arbeitsbedingungen zu gewährleisten.

2.4.8 Reflexionsgrad

Der Reflexionsgrad (in ρ) beschreibt, wie viel des auf eine Fläche treffenden Lichtstroms reflektiert wird. Er spielt vor allem für die Berechnung der Innenraumbeleuchtung eine wichtige Rolle. 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 in der Innenbeleuchtung sind entsprechende Wartungswerte definiert.

Normen nennen Wartungswerte
Die erforderlichen Wartungswerte der Beleuchtungsstärke werden für Arbeitsstätten in Innenräumen für verschiedene Räume, Aufgaben oder Tätigkeiten in DIN EN 12464-1 sowie für Arbeitsplätze im Freien von DIN EN 12464-2 genannt.

DIN EN 12464-1 „Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten, Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen“

Zusammenfassung der Norm

DIN EN 12464-1 (2011-08) behandelt die Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen unter Berücksichtigung der Sehleistung und des Sehkomforts. Die Norm widmet sich allen üblichen Sehaufgaben, einschließlich der Sehaufgaben am Bildschirm.

Kurz-Info zur DIN EN 12464-1

Diese Norm legt Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen fest, die den Erfordernissen für Sehkomfort und Sehleistung für Menschen mit normalem Sehvermögen gerecht werden.

DIN EN 12464-1 nennt für die meisten Arbeitsstätten in Innenräumen und deren zugehörigen Flächen die Anforderungen an Beleuchtungslösungen mit Blick auf Quantität und Qualität der Beleuchtung. Zusätzlich werden Planungsempfehlungen gegeben. Die lichttechnischen Anforderungen, die in dieser Europäischen Norm festgelegt sind, erfüllen üblicherweise auch Anforderungen im Hinblick auf Sicherheit.

Dabei legt die Norm keine bestimmten Lösungen fest. Sie erlaubt es den Planern, neue Techniken zu erkunden und innovative Beleuchtungsanlagen zu berücksichtigen. Die Beleuchtung kann dabei durch Tageslicht, künstliches Licht oder durch eine Kombination von beiden erfolgen. DIN EN 12464-1 beschreibt die Hauptmerkmale des Lichtklimas wie Leuchtdichteverteilung, Beleuchtungsstärke, Blendung, Lichtrichtung, Lichtfarbe und Farbwiedergabe, Flimmern und Tageslicht.

DIN EN 12464-2 „Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten, Teil 2: Arbeitsplätze im Freien“

Zusammenfassung der Norm

DIN EN 12464-2 (2007-10) behandelt die Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsplätzen im Freien unter Berücksichtigung von Sehleistung und Sehkomfort. Die Norm berücksichtigt alle üblichen Sehaufgaben.

DIN EN 12464-2 ersetzt gemeinsam mit DIN EN 12464-1 „Licht und Beleuchtung, Beleuchtung von Arbeitsstätten, Teil 1: Arbeitsplätze in Innenräumen“ die nationale Norm DIN 5035-2 (1990-09) „Beleuchtung mit künstlichem Licht, Richtwerte für Arbeitsstätten in Innenräumen und im Freien“.

Kurz-Info zur DIN EN 12464-2
Damit Sehaufgaben insbesondere auch nachts effektiv und genau erfüllt werden können, muss im Freien eine geeignete und angemessene Beleuchtung vorhanden sein. Die Güte der Sehleistung und des Sehkomforts wird für sehr viele Arbeitsplätze im Freien durch die Art und Dauer der Tätigkeit bestimmt. Für die meisten Arbeitsplätze im Freien und deren zugehörige Flächen legt die Norm in Bezug auf Quantität und Qualität der Beleuchtung die Anforderungen an die Beleuchtungssysteme fest. Zusätzlich gibt die Norm Empfehlungen, wie eine gute Beleuchtung realisiert werden kann. DIN EN 12464-2 legt keine Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsstätten im Hinblick auf den Arbeitsschutz fest. Die Norm ist inhaltsgleich mit der internationalen Norm CIE S 015 der Internationalen Beleuchtungskommission CIE.

2.5 Bauformen von LEDs

LEDs gibt es in verschiedenen Ausführungen. Je nach Anwendungszweck sind andere Bauformen und LED-Typen zu empfehlen.

LED-Module
LED-Module sind universal einsetzbar – ob als eingegossene Module ohne Gehäuse, die direkt in Boden- oder Deckenkanäle eingesetzt werden oder als Einzelmodule für minimalistische LED-Leuchten.

Lineare LED-Module
Lineare Module eigenen sich für Streiflicht- und Wallwasher-Effekte sowie für die Architekturbeleuchtung. Sie setzen Fassaden und Wände in Szene und passen in schmale Kanäle. Mit ihnen können auch lange Lichtlinien einfach und nahtlos umgesetzt werden.

Flexible LED-Module
Sie überwinden besonders einfach Kurven und Kanten und werden in der Regel mit SMD-LEDs bestückt. Die flachen Module eigenen sich vor allem dann, wenn gebogene Flächen be- oder hinterleuchtet werden sollen – wie zum Beispiel Schriftzüge oder Handläufe.

Flächige LED-Module
Die Module gibt es meist als einsatzfertige LED-Tafeln mit Glas- oder Kunststoffoberflächen. Sie kommen als Lichtkacheln oder komplette Lichtdecken zum Einsatz. Indem mehrere Module miteinander gekoppelt werden, können auch großflächige Displays verwirklicht werden.

LED-Ketten
Sie kommen dann zum Einsatz, wenn – wie beispielsweise bei der Lichtwerbung – Flächen hinter- oder unterleuchtet werden sollen.

Retrofit-Lampen
Bei Retrofit-Lampen handelt es sich um LED-Module mit Steck- oder Schraubsockeln sowie Leuchtmittel für den Leuchtstofflampenersatz. Haben sie einen E14 oder E27 Schraubsockel und eine klassische Birnenform, so können sie konventionelle Glühlampen ersetzen. Verfügen sie über einen entsprechenden Stecksockel eigenen sie sich, um Halogenlampen zu ersetzen. Für den Austausch von quecksilberhaltigen Leuchtstofflampen bieten sich LED-Leuchtstoffröhren an. Mit ihrem warmweißen oder farbigen Licht sind Retrofit-Lampen vor allem für den Privatgebrauch eine gute energiesparende Alternative, da sie einfach in bestehende Leuchten eingesetzt werden können.

3. Lichtplanung mit LEDs

Ob im Büro, der Schule oder beim Sport – die richtige Beleuchtung sorgt für ein angenehmes Umfeld und ist Voraussetzung für Wohlbefinden, Gesundheit und Leistungsfähigkeit. Um den verschiedenen Anforderungen an eine einwandfreie Beleuchtung gerecht zu werden, ist eine sachkundige Lichtplanung notwendig. Bei der Beleuchtungsplanung von Innenräumen ist vor allem wichtig, dass alle Sehaufgaben an den Arbeitsplätzen gut erfüllt werden können. Dabei sollen Störungen, wie zum Beispiel Blendung, möglichst vermieden werden. Bei der Planung sollten die Arbeitsstättenregel ASR A3.4 sowie die Norm DIN EN 12464-1 als anerkannte Regeln der Technik berücksichtigt werden.

Normen für die Beleuchtung
Normen nennen grundsätzliche Anforderungen an die Beleuchtung. Die meisten Normen gelten als EN heute europaweit. Wichtige europäische Normen sind:
- DIN EN 12464 zur Beleuchtung von Arbeitsstätten
- DIN EN 13201 zur Straßenbeleuchtung
- DIN EN 12193 zur Sportstättenbeleuchtung
- DIN EN 1838 zur Notbeleuchtung
- DIN EN 12665 zu grundlegenden Begriffen und Kriterien für die Beleuchtung

3.1 Gebäudetypologien und Beleuchtungsanforderungen

Kommunen in Deutschland unterhalten insgesamt rund 186.000 Gebäude. Je nach Gebäudetyp werden sehr verschiedene Anforderungen an die Lichtqualität gestellt. Für den Bereich der Innenbeleuchtung spielen vor allem folgende Gebäudetypen eine wichtige Rolle:

Verwaltungsgebäude
Eine hochwertige Bürobeleuchtung sorgt nicht nur für die nötige Helligkeit. Sie beeinflusst auch die Arbeitsergebnisse sowie das Wohlbefinden und die Motivation der Mitarbeiter. Als Faustregel gilt: Je schwieriger die Sehaufgabe, desto höher muss die Beleuchtungsstärke sein. In Büroräumen müssen nach DIN EN 12464-1 „Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen“ Leuchten mit mindestens 500 Lux (Wartungswert) eingesetzt werden.

In Büroräumen werden typischerweise LED-Leuchten mit neutralweißer Lichttemperatur eingesetzt. Sie erzeugen eine sachlich positive Stimmung. Lampen in Räumen mit Bildschirmen und Büroarbeitsplätzen sollten mindestens einen Farbwiedergabeindex von 80 aufweisen.

Weiterführende Informationen bietet die Broschüre „Licht im Büro, motivierend und effizient“ von Licht.de.
Download: www.premiumlightpro.de/lichtwissen

Sport- und Freizeitanlagen
Eine gute Beleuchtung verlängert nicht nur die Nutzungszeiten von Sport- und Freizeitanlagen. Sie erhöht auch die Zufriedenheit und den Spaß der Besucher am Sport. Bei langen Nutzungszeiten und hohen Besucherzahlen amortisieren sich Investitionen in die Beleuchtung von Sport- und Freizeitanlagen sehr schnell. Denn ganz gleich, ob bisher Leuchten für Leuchtstofflampen oder in höheren Hallen für Hochdruck-Entladungslampen eingesetzt wurden: Moderne Systeme in Kombination mit elektronischen Betriebsgeräten und einer anwendungsgerechten Lichtverteilung sind in jedem Fall deutlich effizienter als Altanlagen.

Da bei Sportveranstaltungen nicht nur die Helligkeit, sondern auch die Atmosphäre eine entscheidende Rolle spielt, empfehlen sich Lampen mit warmweißer oder neutralweißer Lichtfarbe und mit einer guten bis sehr guten Farbwiedergabe (Farbwiedergabe-Index $R_a \geq 80$).

Schulen
Die verschiedenen Räume in Schulen stellen unterschiedliche Anforderungen an die Beleuchtung: Während beispielsweise in Bibliotheken und Fachräumen auf Leuchten mit einer hohen Farbwiedergabe zu achten ist und oft tageslichtweiße Lampen zum Einsatz kommen, kann in Pausenräumen mehr Wert auf eine gemütliche Atmosphäre gelegt werden. Verallgemeinernde Empfehlungen sind aus diesem Grund für Schulen sehr schwierig.

Weiterführende Informationen bietet die Broschüre „Besser lernen mit gutem Licht" von licht.de, Download: www.premiumlightpro.de/lichtwissen

Krankenhäuser
Ob Operationssaal, Patientenzimmer oder Cafeteria – die Anforderungen an die Beleuchtung in Krankenhäusern sind sehr unterschiedlich. Während eine angenehme positive Beleuchtung die Heilung von Patienten unterstützen kann, ist eine funktionale tageslicht-ähnliche Beleuchtung für die Arbeit von Ärzten und Pflegepersonal unabdingbar. Hinzu kommt gerade im Gesundheitswesen ein erhebliches Einsparpotenzial durch den Austausch ineffizienter Beleuchtung.

Weiterführende Informationen bietet die Broschüre „Gesundheitsfaktor Licht" von Licht.de, Download: www.premiumlightpro.de/lichtwissen

Konkrete Empfehlungen bieten die Premium Light Pro-Beschaffungskriterien in Kapitel 7.

Weiterführende Informationen bietet die Broschüre „Hinweise für die Beleuchtung öffentlicher Gebäude (Beleuchtung 2016)" des Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV).
Download: www.premiumlightpro.de/amev

3.2 Beleuchtungskonzepte

Die Beleuchtung kann nach drei Konzepten angelegt werden:

Die Beleuchtung bezieht sich auf den Raumbereich: Dabei werden Leuchten so angeordnet, dass der gesamte Raum gleichmäßig beleuchtet wird. Diese Anordnung ist vor allem dann zu bevorzugen, wenn die Anordnung der Arbeitsplätze noch nicht final feststeht oder flexibel bleiben soll.

Empfehlung: Einsatz von direkt und indirekt strahlenden Pendelleuchten oder großflächigen Leuchten in und an der Decke.

Die Beleuchtung bezieht sich auf den Tätigkeitsbereich: Bei diesem Konzept liegt der Fokus auf den Arbeitsbereichen, die mit mindestens 500 Lux beleuchtet werden. Dieser Ansatz ist vor allem dann sinnvoll, wenn die Arbeitsplätze unterschiedliche Sehaufgaben aufweisen und somit individuelle Beleuchtungsstärken erforderlich machen. Der Umgebungsbereich wird in diesem Fall mit mindestens 300 Lux erhellt.

Empfehlung: direktstrahlende Anbauleuchten sowie Pendel- oder Stehleuchten mit direkter oder indirekter Lichtverteilung; für den Umgebungsbereich können z. B. Downlights eingesetzt werden.

Die Beleuchtung bezieht sich auf den Bereich der Sehaufgabe: Bei diesem Ansatz konzentriert sich die Beleuchtung auf Teilflächen. Das kann zum Beispiel die Arbeitsfläche auf dem Schreibtisch sein. Teilflächen können einfach mit individuell einstellbaren Schreibtischleuchten beleuchtet werden.

Um bei der Beleuchtungsplanung optimale Ergebnisse zu erzielen, sollte die Lichtplanung von qualifizierten Fachplanern übernommen werden, die z. B. durch entsprechende Weiterbildungen zertifiziert sind. Sie kennen nicht nur den aktuellen Stand der Technik, sondern wissen auch, welche Regeln und Normen bei der Lichtplanung beachtet werden müssen.

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 [ZVEI].

4.1 Lebenszyklusbetrachtung

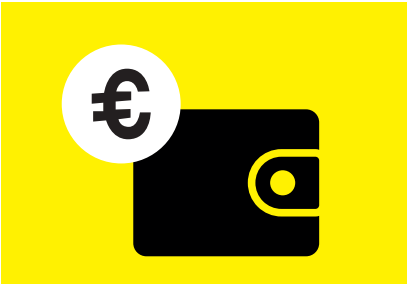
Wichtig ist, dass bei der Kalkulation alle Kosten, die über den gesamten Lebenszyklus anfallen, betrachtet werden: von der Produktauswahl bis zur Entsorgung. Dabei setzen sich die Beleuchtungskosten über den gesamten Lebenszyklus aus folgenden Kosten zusammen [ZVEI]:

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

Einen Großteil der Lebenszykluskosten machen die Betriebsausgaben für Energiebedarf, Wartung und Instandhaltung aus. Die Kosten für Anschaffung und Installation der Anlage sind in der Regel vergleichsweise gering. Innerhalb der Betriebskosten schlagen vor

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

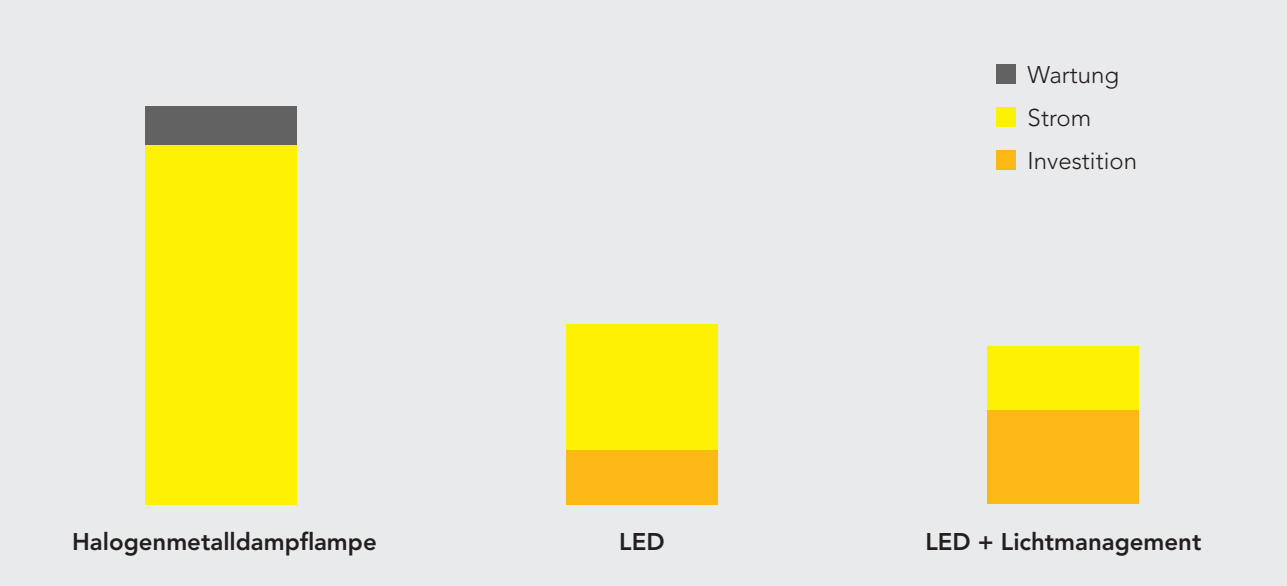
allem die Energiekosten zu Buche. Die Energiekosten sind somit auch der Schlüssel, um Beleuchtungsausgaben dauerhaft zu senken – ein zentrales Argument für den Einsatz energieeffizienter Beleuchtungstechnik mit LEDs und intelligentem Lichtmanagement.

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 (z. B. 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 aber 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.

Beispielhafte Betrachtung der Beleuchtungskosten einer Industriehalle* über 10 Jahre



* Industriehalle 30 x 50 m / 300 Lux Beleuchtungsstärke / 3.000 Betriebsstunden jährlich

Quelle: licht.de

5. Finanzierung von Beleuchtungs-projekten

Investitionen in energieeffiziente LED-Beleuchtung amortisieren sich in der Regel sehr schnell – meist schon nach wenigen Jahren. Die Umstellung auf energieeffiziente LED-Beleuchtung wird zudem öffentlich gefördert.

5.1 Fördermittel

Es gibt verschiedene Förderprogramme, die Kommunen bei der Umstellung auf klimafreundliche LED-Innenbeleuchtung finanziell unterstützen. So gibt es beispielsweise die Nationale Klimaschutzinitiative des Bundesumweltministeriums. Aber auch die Bundesländer bieten verschiedene Programme an, welche die Sanierung kommunaler Innenbeleuchtung fördern.

BMUB: Kommunalrichtlinie
Stellen Kommunen ihre Innen- oder Hallenbeleuchtung auf klimafreundliche LED-Beleuchtung um, so können sie eine Förderung vom Bundesumweltministerium beantragen. Wird die Beleuchtung in Verbindung mit einer Steuerungs- und Regelungstechnologie ersetzt, so ist eine Förderung in Höhe von bis zu 30 Prozent möglich. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass die CO_2-Minderung mindestens 50 Prozent beträgt. Kommunen, die über nicht ausreichend Eigenmittel verfügen, können unter bestimmten Voraussetzungen sogar eine erhöhte Förderquote von 37 Prozent erhalten.

Hinweis: Förderfähig ist ausschließlich der Einbau vollständiger LED-Leuchten. Wird lediglich ein neues LED-Leuchtmittel in Bestandsleuchten eingebaut, ist keine Förderung möglich.

Antrag und Fristen:
www.premiumlightpro.de/innenbeleuchtung/foerderung/

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. Im Gegenzug wird der Contractor an den Einsparungen finanziell beteiligt. Auf diese Weise können auch Kommunen mit geringen Eigenmitteln auf energieeffiziente Beleuchtung umsatteln. Bei Beleuchtungsprojekten unterscheidet man in der Regel zwischen zwei Contracting-Modellen:

Energiespar-Contracting
Beim Energiespar-Contracting (auch Energieeinspar-Contracting) 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) 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.

Weitere Informationen:
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.

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.

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

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 Auftragsnehmers 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.

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.

E-Vergabe wird verpflichtend

Ab Oktober 2018 tritt die Pflicht zur E-Vergabe im Oberschwellenbereich in Kraft.

Öffentliche Auftraggeber und Bieter müssen ab dem 18. Oktober 2018 jedes Vergabeverfahren, oberhalb der EU Schwellenwerte, elektronisch führen. Von da an dürfen öffentliche Auftraggeber nur noch elektronische Angebote und Teilnahmeanträge entgegennehmen und berücksichtigen.

Seit dem 26. Februar 2014 ist die E-Vergabe in der europäischen Richtlinie 2014/24/EU verbindlich vorgeschrieben. Die Bundesregierung hatte bis zum 18. April 2016 Zeit, diese EU-Richtlinie in nationales Recht umzusetzen. Aufgrund einer Übergangsfrist von 30 Monaten, tritt die E-Vergabe-Pflicht erst ab dem 18. Oktober 2018 in Kraft.

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.

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. Beschaffungskriterien für die Innenbeleuchtung

2012 definierte die EU nachhaltige öffentliche Beschaffungskriterien für die Innenbeleuchtung als freiwilliges Instrument. Aufgrund der rasenden Entwicklungen der LED-Technologie sind diese Kriterien jedoch bereits nicht mehr aktuell. Die vorliegenden Beschaffungskriterien wurden im Rahmen des Projekts „Premium Light Pro" gemeinsam von neun Ländern entwickelt. Ziel der Kriterien ist es, eine Grundlage zu schaffen, mit der Kommunen bei der Beschaffung von Beleuchtungsprojekten unterstützt werden können. Dies schließt sowohl die Installation der Beleuchtung in Neubauten als auch die Sanierung der Beleuchtung in bereits bestehenden Gebäuden mit ein. Der Kriterien helfen bei der Beurteilung der Lichttechnik genauso wie bei Anlagenparametern und der Beurteilung der Kostensituation in einem Lebenszykluskostenansatz.

Die LED-Technologie unterscheidet sich stark von früheren Technologien und bietet viel Potential für Innovationen, z. B. durch optimierte Leuchten, flexible Lichtsteuerung, Farbtemperaturen oder die bessere Einbindung von Tageslicht. Die Kriterien umfassen Leuchteneigenschaften und Lebenszykluskosten.

Die Beschaffungskriterien sind in sogenannte Mindestanforderungen sowie Bewertungs- bzw. Zuschlagkriterien unterteilt. Qualität, die über das Minimum hinausgeht, wird dementsprechend durch ein Bewertungssystem auch höher bewertet. Die Gewichtung der einzelnen Kriterien ist sehr stark vom jeweiligen Projekt-, Gebäude- oder Raumtypus abhängig.

Tabelle 3 *Beschaffungskriterien in der Übersicht*

Energieeffizienz				
	Kriterien	**Anforderungen**	**Mindestanforderung**	**Zuschlagskriterium**
Siehe 7.1	Energieverbrauch neuer Beleuchtungsanlagen	Die Premium Light Pro Empfehlung für den Energieverbrauch geplanter Beleuchtungsanlagen finden sich in der AMEV 2016 – Hinweise für die Beleuchtung öffentlicher Gebäude. (www.premiumlightpro.de/amev)	✓	✓
Siehe 7.2	(System) Lichtausbeute	≥ 90 lm/W für kleine integrierte LED Leuchten mit Lichtsteuerung mit einem Bemessungslichtstrom von ≥ 100 lm und < 2.500 lm.	✓	
Siehe 7.3	Standby-Leistung	Der Hersteller hat Informationen zur Standby-Leistung in Watt anzugeben	✓	

Lichtqualität und Design				
	Kriterien	**Anforderungen**	**Mindestan-forderung**	**Zuschlags-kriterium**
k.A.	Mindest-/Wartungs-beleuchtungsstärke	Die Beleuchtungsstärken sind nach den jeweiligen aktuell gültigen Regelwerken bzw. Richtlinien DIN EN 12464, dem Arbeitskreis Maschinen- und Elektro-technik staatlicher und kommunaler Verwaltungen AMEV – Hinweise für die Beleuchtung öffentlicher Gebäude oder den Technischen Regeln für Arbeits-stätten ASR A 3.4 zu planen.	✓	
Siehe 7.4	Farbtemperatur und Farbtoleranz	LED Beleuchtungssysteme werden mit verschie-denen ähnlichsten Farbtemperaturen (correlated color temperature – CCT) angeboten werden. Für die Nutzungsart ist die ähnlichste Farbtemperatur festzulegen. Leuchten mit biologisch wirksamen Licht ermöglichen Wechsel der ähnlichsten Farbtempera-tur durch geeignetes Lichtmanagement. Die Farbtoleranz (initial MacAdam) ist anzugeben.	✓	
Siehe 7.5	Allgemeiner Farbwiedergabe-Index	Die Mindestwerte des Farbwiedergabe-Indexes für verschiedene Innenräume (Bereiche), Aufgaben oder Tätigkeiten sind in der DIN 12464 Teil 1 in den Tabel-len 5.1 bis 5.53 angegeben Neben dem allgemeinen Farbwiedergabeindex R_a kann auch der spezielle Farbwiedergabeindex R_i angegeben werden.	✓	✓
Siehe 7.6	Mittlere Bemessungslebensdauer	Der Hersteller hat die mittlere Bemessungslebens-dauer anzugeben.	✓	
Siehe 7.7	Bemessungsleistung	Für Leuchten mit LED-Modulen besteht die Not-wendigkeit, die Bemessungseingangsleistung der Leuchten in den technischen Daten der Leuchten anzugeben.	✓	
Siehe 7.9	Flimmern	Flimmern ist eine sich schnell ändernde Helligkeits-erscheinung, die vom Beobachter als sehr störend empfunden werden kann. In der IEEE 1789 werden diese daher grundlegend in verschiedene Kategorien eingeteilt. Sie beschreibt, wie wahrscheinlich es ist, dass entsprechende Auswir-kungen auf den Menschen zu erwarten sind.	✓	
Siehe 7.10	Blendungsbegrenzung	*Direktblendung:* die Blendungsbegrenzung muss den Anforderungen nach DIN EN 12464 entsprechen, Der UGR-Wert (psychologischen Blendung) einer Beleuchtungsanlage darf in den Bereichen der Sehaufgabe oder den Bereichen der Tätigkeiten den angegebenen maximalen Wert nach den Tabellen 5.x DIN EN 12464-1 Abschnitt 5 angegebenen Wert nicht überschreiten, *Abschirmung gegen Blendung:* Bei Leuchten müssen für festgelegte Leuchtdichten die zugehörigen Mindestabschirmwinkel im Gesichts-feld eingehalten werden (siehe DIN 12464 – T1)	✓	

Kostenkriterien				
Siehe 7.14	Lebenszyklus-Kosten	• Die Beleuchtungssystemlösungen/-angebote sollten anhand einer Wirtschaftlichkeitsberechnung (festgelegt durch den Beschaffer) miteinander verglichen werden. • Die Lebenszyklus-Kosten sind über den Zeitraum der Bilanzansatz- und Bewertungsregeln der jeweiligen Bundesländer zu berechnen. Liegen diese nicht vor können die AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter des Bundesministeriums für Finanzen zur Anwendung kommen. Abweichung davon sind zu begründen. *Die Investitionskosten sind ein Bestandteil der Lebenszyklus-Kosten.*	✓	✓

Wartung, Installation, Betrieb, Reparatur, Recycling				
	Kriterien	**Anforderungen**	**Mindestanforderung**	**Zuschlagskriterium**
Siehe 7.13	Wartungsfaktor	Eine Beleuchtungsanlage ist mit einem alle Einflüsse berücksichtigenden Wartungsfaktor (MF) zu planen, der für eine Beleuchtungsanlage, die Umgebung und den festgelegten Wartungsplan errechnet wurde. Ein Wartungsplan mit festgelegten Wartungs- und Reinigungsintervallen ist dem Nutzer zur Verfügung zu stellen.	✓	
Siehe 7.15	Erfahrungen und Pflichten des Auftragnehmers	Wie in Kapitel 3 beschrieben, ist es für Kommunen wichtig, die Eignung potenzieller Auftragnehmer im Vorfeld der Auftragsvergabe zu prüfen. So sollten sowohl das Planungs- als auch das Installationsteam nachweisen, dass sie mindestens fünf Jahre Erfahrung von mindestens fünf relevanten Projekten sowie eine abgeschlossene Ausbildung in der elektrischen Gebäudeinstallation nachweisen können.	✓	

Wartung, Installation, Betrieb, Reparatur, Recycling				
	Kriterien	**Anforderungen**	**Mindestan-forderung**	**Zuschlags-kriterium**
Siehe 7.16	Inbetriebnahme, Dokumentation und Übergabe der Beleuchtungsanlage	**Installation** • Lieferung eines Zeitplans für die Installation. • Technische Informationen sollten auch an die Nutzer ausgegeben werden, sodass diese die Beleuchtungskontrolle neu einstellen können, wenn sich z. B. die Nutzungsform eines Raumes ändert. **Inbetriebnahme und Nutzertraining** **Dokumentation** **Inbetriebnahme** • Das installierte Beleuchtungssystem arbeitet ordnungsgemäß und verbraucht nicht mehr Energie als angegeben. • Das Lichtmanagement ist nach den Vorgaben einzumessen. • Technische Informationen sind an den internen Admin auszugeben, sodass dieses das Lichtmanagement bei z. B. die Änderung der Nutzungsart angepasst werden kann.	✓	
Siehe 7.16	Training/Schulung (Nutzerkomfort)	• Der Auftragnehmer bietet an, die Nutzer in den Betrieb, die Beleuchtungskontrolle sowie in die Wartung einzuweisen. • Die Leistung ist im Rahmen einer Ausschreibung getrennt aufzuführen.	✓	✓
Siehe 7.17	Recycling und Reparierfreundlichkeit	**Produktverfügbarkeit** Der Hersteller stellt sicher, dass die beschafften LED-Produkte und oder deren Komponenten über einen Zeitraum von mindestens 10 Jahren (siehe Hinweise Kapitel 7.13) verfügbar sind. Dies gilt auch, wenn es ein Nachfolgeprodukt mit verbesserten Merkmalen und Eigenschaften aufgrund des technischen Fortschritts gibt. **Abfallwirtschaft** Bei der Installation von neuen oder auch erneuerten Beleuchtungssystemen sollen Abfälle reduziert und alle Teile gemäß der ElektroG-Richtlinie getrennt und wiedergewonnen werden. **Gefahrstoffe** Hierbei wird ebenfalls empfohlen sicherzustellen, dass die jeweiligen Hersteller keine Gefahrstoffe für ihre Produkte verwenden. Die Europäische Chemikalienagentur arbeitet zusammen mit der EG und den EU-Mitgliedstaaten für die Sicherheit der menschlichen Gesundheit und der Umwelt zusammen, indem sie die Bedürfnisse des regulatorischen Risikomanagements auf EU-weiter Ebene [ECHA] einschließlich der REACH-Verordnung festlegt.	✓	✓

7.1 Energieverbrauch neuer Beleuchtungsanlagen

Die **Premium Light Pro Empfehlung** für die spezifische Leistung in W/m² von neu geplanten Beleuchtungsanlagen darf die Werte entsprechend der AMEV Beleuchtung 2016 für die verschiedenen Räume (Bereiche), Tätigkeiten und Aufgaben nicht überschreiten [AMEV] .

Die DIN V 18599-4 erfasst alle technischen Einflüsse auf den Energiebedarf der Beleuchtung, wie die installierte Anschlussleistung des Beleuchtungssystems, die Tageslichtversorgung, und die Beleuchtungssteuerung. Die Werte der vielfältigen technischen Einflussgrößen sind ebenso in Tabellen hinterlegt.

Bei der Auswahl energiebezogener Kriterien ist zu beachten, dass die Energieersparnis nicht zu Lasten der lichttechnischen Gütekriterien gehen kann. Die angegebenen Regelwerke stellen Mindestanforderungen dar.

7.2 (System) Lichtausbeute

Die Lichtausbeute η_v einer LED-Leuchte ist der Quotient aus dem gemessenen Bemessungslichtstrom und der Bemessungsleistung einer Leuchte. Für die Darstellung von Produktdaten einer ganzen LED-Leuchtencharge sollen im Leuchtendatenblatt zur Ermittlung der Lichtausbeute der Bemessungslichtstrom und die Bemessungsleistung als Quotienten verwendet werden. Die Einheit wird in Lumen pro Watt (lm/W) angegeben.

Im November 2016 veröffentlichte die Internationale Energieagentur eine aktualisierte Version zur Lichtausbeute von Lichtquellen. Für Premium Light Pro wurden diese Kriterien auf folgende Leistungen von LED-Leuchten heruntergebrochen:

Premium Pro Light Empfehlung für LED Leuchten mit unterschiedlichen Bemessungsleistungen (siehe Kapitel 7.7):

- ≥ 90 lm/W für kleine integrierte LED Leuchten mit Lichtsteuerung mit einem Lichtstrom von ≥ 100 lm und < 2.500 lm,
- ≥ 105 lm/W für große integrierte LED Leuchten mit Lichtsteuerung mit einem Lichtstrom von ≥ 2.500 lm und < 50.000 lm.

7.3 Standby-Energieverbrauch

Der Gebrauch von kabelloser Kommunikation impliziert, dass smarte Leuchtentechnologien ununterbrochen Energie verbrauchen.

Leistung im Standby
Die elektrische Leistung im Standby muss deklariert werden. Er ist auf folgende Werte begrenzt:

- Ungeregelte und nicht dimmbare Leuchten: 0 Watt
- Dimmbaren Leuchten: 0,5 Watt pro Betriebsgerät
- Integrierte Tageslicht- und Präsenz-Regelung
  - Ohne Kommunikationsfunktion: 0,5 W
  - Mit einfacher Kommunikationsfunktion: 1,0 W
  - Mit mehrfacher Kommunikationsfunktion: 1,5 W

(Quelle der Zahlenwerte : Minergie Reglement und Nachweisverfahren zur Vergabe des MINERGIE® Labels für Leuchten)

Premium Pro Light Empfehlung für LED Leuchten, die im Standby betrieben werden:

- Der Hersteller hat die Standby Leistung in W in dem zugehörigen Datenblatt anzugeben.
- Der Hersteller hat anzugeben, ob alle elektrischen Komponenten im Standby-Modus Energie verbrauchen und ob dies Auswirkungen auf die Lebensdauer der elektronischen Komponenten hat.

7.4 Farbtemperatur und Farbtoleranz

Die Lichtfarbe einer LED-Leuchte bezieht sich auf die farbliche Erscheinung des abgestrahlten Lichts. Sie wird durch ihre ähnlichste Farbtemperatur (T_{CP}) quantifiziert. Die Lichtfarbe von Tageslicht ändert sich über den Tag. Für künstliche Lichtquellen werden drei unterschiedliche Lichtfarben angegeben.

Tabelle 4 *Lichtfarben*

Lichtfarbe	Ähnlichste Farbtemperatur T_{CP}
warmweiß	unter 3.300 K
neutralweiß	von 3.300 K bis 5.300 K
tageslichtweiß	über 5.300 K

Die Auswahl der Lichtfarbe ist eine Frage der Psychologie, der Ästhetik und dessen, was als natürlich angesehen wird. Die Wahl wird von dem Beleuchtungsstärkeniveau, den Farben des Raums und der Möbel, vom Raumklima und dem Anwendungsfall abhängen.

Durch Alterung der Chips und der verwendeten Leuchtstoffe ändern sich bei LED die Farborte im Laufe der Lebensdauer. Deshalb erfolgt die Angabe der Farborttoleranzen häufig mit einem Anfangswert zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme und einem weiteren Wert nach Ablauf einer bestimmten Betriebsdauer. Ab einem Wert von > 3 SDCM sind Unterschiede zwischen einzelnen LEDs wahrnehmbar.

Premium Pro Light Empfehlung für die Farbtoleranz von LED Leuchten (initial):

- Der Leuchtenhersteller hat den Wert der Farbtoleranz in MacAdam Ellipsen in seinen Leuchtendatenblättern anzugeben
- Initial sollte der Wert 3 SDCM nicht überschreiten werden

7.5 Farbwiedergabe

Farbwiedergabe definiert die Fähigkeit einer Lichtquelle, Farben wiederzugeben. Das Regelwerk DIN EN 12464-1 spezifiziert Mindestanforderungen für den allgemeinen Farbwiedergabeindex (colour rendering index – CRI) R_a für unterschiedliche Sehaufgaben. Im Allgemeinen ist ein R_a-Wert über 80 für eine akkurate Farbbeurteilung im Innenbereich ausreichend.

Die Mindestwerte des Farbwiedergabe-Indexes R_a für verschiedene Innenräume (Bereiche), Aufgaben oder Tätigkeiten ist in der DIN EN 12464 T-1 in den Tabellen 5.1 bis 5.53 angegeben.

Darüber hinaus sollten für LED-Leuchten neben dem allgemeinen Fabwiedergabeindex der Farbwiedergabewert für die Farbe „rot" (R_9) mit angegeben werden.

Premium Light Pro Empfehlungen für die Farbwiedergabeeigenschaften:

- Mindestanforderung CRI ≥ 80 plus $R_9 > 0$
- Einhaltung der Mindestanforderungen nach DIN EN 12464 Teil 1 für spezielle Innenräume, Sehaufgaben und Tätigkeiten wie unter spezifischen Bedingungen in den Tabellen 5.1 bis 5.553 gefordert

7.6 Mittlere Bemessungslebensdauer

Qualitativ hochwertige LED-Module können über zehntausende von Stunden betrieben werden ohne auszufallen. Jedoch tritt bei eingebauten elektronischen Betriebsgeräten eine höhere Ausfallwahrscheinlichkeit auf. Deshalb ist es notwendig, die Lebensdauer des kompletten Beleuchtungssystems zu betrachten.

Die Angabe der Bemessungslebensdauer ist verbunden mit dem ermittelten Anteil der Leuchten mit erhöhtem Lichtstromrückgang B_y und wird als L_x B_y dargestellt. Die Bezugsgröße der Lichtstromdegradation in der Lebensdauer von LED-Leuchten wird mit x (in Prozent) angegeben und bezieht sich auf den Bemessungslichtstrom.

Typische Werte von „x" sind zum Beispiel 70 oder 80 Prozent bei einer bestimmten Bemessungslebensdauer (L_{70} oder L_{80}) von beispielsweise

50.000 Stunden und einer Umgebungstemperatur von 25 °C der Leuchte.

Die Premium Light Pro Anforderungen bezüglich des Lichtstromrückgangs auf die angegebene Lebensdauer sind $L_{80}B_{50}$. Der Hersteller gibt in seinen Datenblättern den Ausfall pro 1.000 oder 5.000 Stunden für die verwendeten Betriebsgeräte an.

Premium Light Pro Empfehlungen für die mittlere Bemessungslebensdauer:

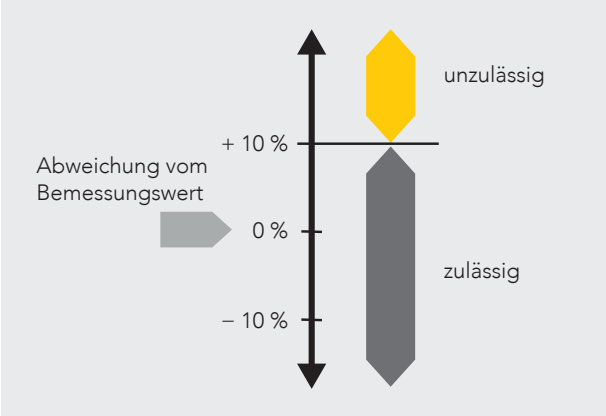
- Der Hersteller gibt die mittlere Bemessungslebensdauer für die LED-Leuchte, bestehend aus LED-Modul und Betriebsgerät, zu $L_{80}B_{50}$ an.

7.7 Bemessungsleistung

Die gemessene Eingangsleistung einer LED-Leuchte darf bei Betrieb mit Bemessungsspannung, bei Bemessungsumgebungstemperatur t_q und mit 100 Prozent Lichtleistung den angegebenen Wert der Bemessungseingangsleistung um nicht mehr als 10 Prozent überschreiten.

Für Leuchten mit Konstantlichtstrom-Technologie ist zusätzlich der Bemessungswert der Eingangsleistung am Ende der mittleren Bemessungslebensdauer (siehe Kapitel 7.6) anzugeben.

Darstellung der Toleranzfelder der Bemessungseingangsleistung:



Quelle: ZVEI 2

7.8 Umgebungstemperatur und Treibertyp

Die Leistung der LED-Leuchte und Lampe ist stark von der Umgebungstemperatur abhängig. Die Solltemperatur (t_a) ist die höchste Betriebstemperatur, bei der das Leuchtmittel unter normalen Betriebsbedingungen arbeiten kann.

Premium Light Pro Empfehlungen für die Umgebungstemperatur:

Die LED-Leuchte ist bezüglich ihrer Umgebungstemperatur immer abhängig von der Art der Anwendung bei der möglichen Umgebungstemperatur auszuschreiben.

Im Falle eines austauschbaren Treibers empfiehlt es sich für die Wartung, Informationen über den Treibertyp anzufordern. Treiber unterscheiden sich in SELV (Safety Extra Low Voltage) und NON-SELV Treibertypen.

> Die Sicherheitskleinspannung (engl. Safety Extra Low Voltage, SELV) ist eine kleine elektrische Spannung, die aufgrund ihrer geringen Höhe und der Isolierung gegen Stromkreise höherer Spannung besonderen Schutz gegen einen elektrischen Schlag bietet.

7.9 Flimmern

Stromversorgungen, die eine Pulsweitenmodulation verwenden, lassen LEDs mit einer bestimmten Frequenz flimmern (ungefähr zwischen 100 und 150 Hz). Die Flimmerfrequenz ist zwar nicht direkt sichtbar, kann jedoch potentielle Sehstörungen hervorrufen wie zum Beispiel:

- Stroboskopische Effekte auf rotierenden Objekten,
- Kaskaden von hellen Punkten im Sichtfeld, wenn die Sehrichtung blitzartig verändert wird,
- Flimmern von Lichtquellen.

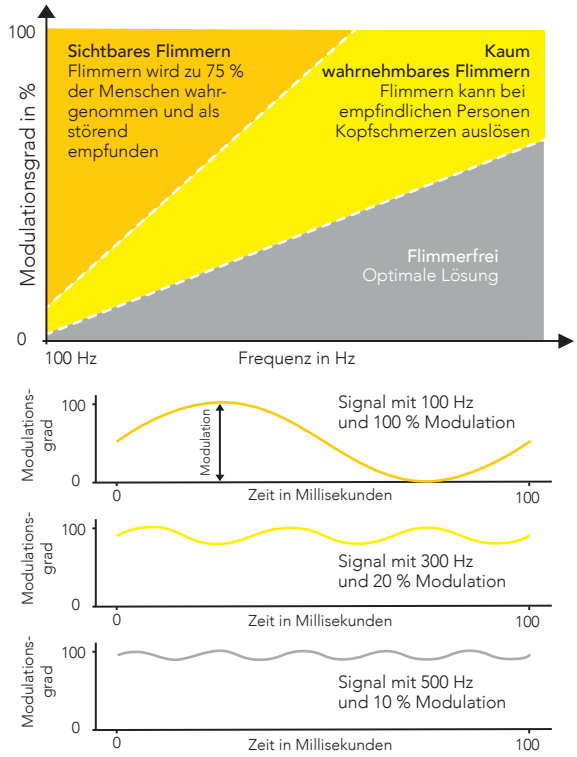
Basierend auf der IEA 4E SSL [IEA] und der IEEE 1789: 2015 **empfiehlt Premium Light Pro**:

f: Flimmer Frequenz (Hz)	**FM: Flimmer Modulation Maximum (%)**
$f \leq 90$ Hz	$FM \leq (0.025 \times f)$
$90 \text{ Hz} \leq f \leq 1250$ Hz	$FM \leq (0.08 \times f)$
$f > 1250$ Hz	keine FM Anforderungen

Liegen diese Informationen nicht vor, sind diese direkt beim Hersteller anzufragen.

Für alle wichtigen Dimmstufen (z. B. 25 % und 50 %) ist festzulegen, dass kein Flimmern auftritt.

Flimmern von Lichtquellen



Quelle: licht.de

7.10 Blendung

Blendung tritt immer dann auf, wenn eine sehr starke Beleuchtung, bzw. ein starker Beleuchtungskontrast vorhanden ist. Das pasiert oft bei fehlender Verschattung der Fenster, Reflektion oder durch direkten Blick in die Lampe.

Premium Light Pro empfiehlt:
1) Bezüglich direkter Blendung [DIN EN 12464-1]:

- der minimale Abschirmwinkel muss den Anforderungen nach DIN EN 12464-1 Tabelle 2 entsprechen,
- der UGR-Wert (psychologischen Blendung) der Beleuchtungsanlage darf den in DIN EN 12464-1 Abschnitt 5 angegebenen Wert nicht überschreiten.

2) Vermeidung von Blendung durch optische Strahlungsquellen aus hohem Winkel [IEA]:

- Wenn der Gamma-Winkel (γ) 60° übersteigt, sollte die Lichtquelle nicht mehr als 10.000 cd/m^2 betragen.

7.11 Fotobiologische Sicherheit

Um eine Fotobiologische Sicherheit zu gewährleisten, sollte das menschliche Auge vor intensiver Blaulichtstrahlung geschützt werden [ZVEI]:

LED Leuchten sollen hier dem Standard RG0 oder RG1 entsprechen [vgl. Standard IEC 62471/CIE S009]. Eine Kennzeichnung ist nicht erforderlich, wenn RG 0 oder RG 1 erreicht wird.

RG0 – Es besteht kein Risiko, keine Gefahr der Schädigung des Auges, auch nicht bei dauerhaftem Blick in Richtung der Lichtquelle (unbegrenzte Expositionsdauer).

RG1 – Es besteht ein geringes Risiko. Eine Schädigung des Auges tritt nicht ein, auch nicht bei starrem Blick in Richtung der Lichtquelle mit begrenzter Dauer (begrenzte Expositionsdauer).

7.12 Lichtmanagement

Die Betriebsdauer der Beleuchtung im Dienstleistungssektor ist über den Tag hinweg sehr lang. Der Einsatz von unterschiedlichen Beleuchtungssteuerungen kann hier zu großen Energieeinsparungen führen. Der Beschaffer muss die verschiedenen Beleuchtungssteuerungstypen, die Beleuchtungsniveaus und weitere Faktoren festlegen. Darüber hinaus können keine allgemeingültigen Kriterien festgelegt werden.

Für den Fall, dass die Ausschreibung ein Lichtmanagement vorsieht, empfiehlt Premium Light Pro:

- Es erfolgt eine technische Abnahme der Beleuchtungsanlage, die Dokumentation ist dem Nutzer auszuhändigen.
- Die Vergabebehörde muss den Installateur über die Nutzung des Raumes sowie über die einzelnen Beleuchtungssteuerungsanforderungen, inklusive der Sicherheitsbeleuchtung, informieren.
- In den Vertragsklauseln sollte festgelegt werden, dass alle Beleuchtungskontrollen einwandfrei arbeiten.
- Für die Beleuchtungskontrolle sollten Bedienungsanleitungen für den Nutzer bereitgestellt werden.
- Technische Informationen sollten auch an das Wartungspersonal ausgegeben werden, sodass dieses die Beleuchtungskontrolle neu einstellen kann, wenn sich z. B. die Nutzungsform eines Raumes ändert.
- Tageslicht ist immer in der Beleuchtungsplanung zu berücksichtigen, Blendschutzmaßnahmen sind entsprechend zu berücksichtigen.

Premium Light Pro empfiehlt: Ein Lichtmanagement ist entsprechend den Beispielen für die lichttechnische Ausstattung unterschiedlicher Nutzungsarten nach DIN EN 18599 Teil 4 (A5 – Tabelle) zu berücksichtigen. Technische Informationen sind an den internen Admin auszugeben, sodass dieses das Lichtmanagement bei z. B. die Änderung der Nutzungsart angepasst werden kann.

7.13 Wartungsfaktor und Wartungsplan

Das Beleuchtungsniveau einer Beleuchtungsanlage nimmt während der Lebensdauer ab, und zwar infolge von:

- Alterung der Lichtquellen/LED-Module (Lichtstromdegradation),
- Ausfallrate der Lichtquellen/LED-Module,
- Verschmutzung der Leuchten,
- Alterung/Verschmutzung der Raumoberflächen.

Eine Planung von Wartungsintervallen ist daher notwendig, damit die Planungsvorgaben während der gesamten Nutzungsdauer der Beleuchtungsanlage eingehalten werden.

Die Anzahl der Leuchten und der Wartungsfaktor haben einen Einfluss auf die Energieeffizienz.

Wartungsfaktor
In der DIN EN 12464-1 wird die Beleuchtungsstärke $\bar{E}_m$ für jede Sehaufgabe als Wartungswert der Beleuchtungsstärke festgelegt. Damit ist die Beleuchtungsstärke definiert, die im laufenden Betrieb nicht unterschritten werden darf. Bei Erreichen des Grenzwertes werden Reinigungs- bzw. Instandhaltungsarbeiten (z. B. Modul/Leuchtmitteltausch oder Leuchtenreinigung) notwendig.

Bezüglich der Wartung von Beleuchtungsanlagen **empfiehlt Premium Light Pro**:

Bei der Planung von Beleuchtungsanlagen ist nach DIN EN 12464-1 ein Wartungsfaktor MF (Maintenance Factor) festzulegen. Der Wartungsfaktor ist der Quotient aus dem in der Norm festgelegten Wartungswert $\bar{E}_m$ und dem Neuwert der Beleuchtungsstärke $\bar{E}_{neu}$.

$$MF = \frac{\bar{E}_m\,[lx]}{\bar{E}_{neu}\,[lx]} = LLMF \times LSF \times LMF \times RMF$$

Der Wartungsfaktor MF setzt sich bei Innenraumanlagen zusammen aus den einzelnen Faktoren:

- Lampenlichtstromwartungsfaktor – (LLMF)
- Lampenlebensdauerfaktor (LSF)
- Leuchtenwartungsfaktor (LMF)
- Raumwartungsfaktor (RMF)

Dabei ist der Lampenlichtstrom-Wartungsfaktor LLMF den spezifischen Leuchtendaten des Herstellers (Leuchten-Datenblatt) zu entnehmen.

Werden durch die Anbieter Lichttechnische Berechnungen erstellt, ist darauf zu achten, das gleiche Wartungsfaktoren verwendet werden.

Die Erarbeitung eines Wartungsplanes ist damit ein Teil der Beleuchtungsplanung.

7.14 Lebenszyklus-Kosten

Die Anschaffungskosten für LED Beleuchtungssysteme sind verglichen zu herkömmlichen Beleuchtungssystemen höher, währenddessen die Betrieb- und Wartungskosten niedriger sind. Eine Lebenszykluskosten-Berechnung rechtfertigt jedoch die höheren Investitionskosten, wenn die Kosten und Ersparnisse auf die Lebenszeit von 15 Jahren des Beleuchtungssystems hochgerechnet werden.

Premium Light Pro empfiehlt:
- Die Beleuchtungssystemlösungen/-angebote sollten anhand einer LCC Berechnung (festgelegt durch den Beschaffer) miteinander verglichen werden.
- Eine Lebenszyklus-Kosten Berechnung beinhaltet die Investitionskosten, die Wartungskosten, die Entsorgungskosten sowie die Energiekosten.

Da die Bilanzansatz- und bewertungsregeln den Zeitraum von 10 Jahren bei der Produktverfügbarkeit überschreiten können sind hier bei den Wartungskosten entsprechende wirtschaftliche Bewertungen bei den Wartungskosten zu berücksichtigen. Dieses können z.B. Dienstleistungsverträge nach 10 Jahren mit den Herstellern sein.

7.15 Erfahrungen (Vorqualifikation) und Pflichten des Auftragnehmers

Wie in Kapitel 6.2 beschrieben ist es für Kommunen wichtig, die Eignung potenzieller Auftragnehmer im Vorfeld der Auftragsvergabe zu prüfen. So sollten sowohl das Planungs- als auch das Installationsteam nachweisen, dass sie mindestens fünf Jahre Erfahrung von mindestens fünf relevanten Projekten sowie passende berufliche Qualifikationen in der elektrischen Gebäudeinstallation nachweisen können.

Die Vorqualifizierung von Unternehmen könnte Folgendes umfassen:

- Darstellung ihrer Leistungsfähigkeit bei Installation, Instandhaltung und Wartung der Beleuchtungsanlage.
- Referenzprojekte: Präsentation der Lieferung von ähnlichen Beleuchtungssystemen in vergleichbaren Projekten (gleicher Größe und Art) und der Lieferzeit etc.

Erklärung, dass sich das Unternehmen nicht in Insolvenz oder in Liquidation befindet (Eigenerklärung des Unternehmens):

- Unbedenklichkeitsbescheinigung des Finanzamtes über die Zahlung von Steuern und Abgaben (Original bzw. beglaubigte Kopie); Eigenerklärung des Unternehmens wird nur akzeptiert, wenn das zuständige Finanzamt keine Bescheinigung ausstellt
- gültige Unbedenklichkeitsbescheinigung der Berufsgenossenschaft (Original bzw. Kopie)
- gültige Bescheinigung der Krankenkasse, bei der die meisten Beschäftigen versichert sind (Original bzw. beglaubigte Kopie)
- Gewerbeanmeldung/-erlaubnis (Kopie)
- Handelsregisterauszug (amtlich beglaubigt oder elektronisch), Bescheinigungen über die IHK-Zugehörigkeit, Nachweis der Eintragung in der Handwerksrolle oder Erklärung der Zugehörigkeit zu freien Berufen (Original bzw. Kopie)
- aktuelle Referenzen (als Eigenerklärung des Unternehmens in Tabellenform oder Einzeldokumente; Angabe von mindestens 3 Leistungen)
- Umsatz und Beschäftigtenanzahl (Eigenerklärung des Unternehmens in Tabellenform)
- Haftpflichtversicherung (Betriebshaftpflicht und/oder Berufshaftpflicht), Kopie der gültigen Police
- Erklärung, dass keine schwere Verfehlung vorliegt, die eine Zuverlässigkeit als Bewerber in Frage stellt (Eigenerklärung des Unternehmens).

7.16 Inbetriebnahme und Übergabe der Beleuchtungsanlage an den Nutzer

Darüber hinaus sollte der Auftragnehmer Folgendes gewährleisten:

Installation

- Lieferung eines Zeitplans für die Installation.
- Technische Informationen sollten auch an die Nutzer ausgegeben werden, so dass diese die Beleuchtungskontrolle neu einstellen können, wenn sich z. B. die Nutzungsform eines Raumes ändert.

Inbetriebnahme

- Das installierte Beleuchtungssystem arbeitet ordnungsgemäß und verbraucht nicht mehr Energie als angegeben.
- Alle Sensoren, z. B. Tageslicht- und Präsenzsensoren müssen kalibriert werden und mit den Beleuchtungsstärken und weiteren Anforderungen der Planung übereinstimmen. Mit dem Nutzer muss dies abgestimmt werden, um sicher zu gehen, dass sich die Beleuchtung bei ausreichendem Tageslichteinfall abschaltet und bei Abwesenheit von Personen, sowie nach einem definierten Zeitintervall.
- Zeitschaltuhren sollten adäquat eingestellt sein.
- Falls nach der Abnahme bestimmte Teile des Beleuchtungssystems nicht den festgelegten Anforderungen entsprechen, so verpflichtet sich der Auftragnehmer diese nachzubessern.
  → Garantie + Gewährleistung // Reparaturkonzept über den Zeitraum für die Bilanzansatz- und Bewertungsregeln, mindestens aber 10 Jahre

Nutzertraining/Schulung (Nutzerkomfort)

- Der Auftragnehmer verpflichtet sich, die Nutzer (einen Administrator) in den Betrieb, die Beleuchtungskontrolle sowie die Wartung einzuweisen.
- Für die Nutzer sind leicht zu bedienende Schalter und Displays einzusetzen.

Dokumentation

- 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.

7.17 Recycling & Reparierfreundlichkeit

Produktverfügbarkeit

- Es ist sicherzustellen, dass die Hersteller aller beschafften LED-Produkte die Produktverfügbarkeit über den Zeitraum für die Bilanzansatz- und Bewertungsregeln, mindestens aber für 10 Jahren gewährleisten.

Gefahrstoffe

- Hierbei wird ebenfalls empfohlen sicherzustellen, dass die jeweiligen Hersteller keine Gefahrstoffe für ihre Produkte verwenden. Die Europäische Chemikalienagentur arbeitet zusammen mit der EG und den EU-Mitgliedstaaten für die Sicherheit der menschlichen Gesundheit und der Umwelt zusammen, indem sie die Bedürfnisse des regulatorischen Risikomanagements auf EU-weiter Ebene [ECHA] einschließlich der REACH-Verordnung festlegt.
- Der Hersteller muss den gesetzlichen Anforderungen entsprechen.

Abfallwirtschaft

- Bei der Installation von neuen oder auch erneuerten Beleuchtungssystemen sollen Abfälle reduziert und alle Teile gemäß der ElektroG-Richtlinie getrennt und wiedergewonnen werden. Ziel ist der Schutz von Umwelt und Gesundheit. Zusätzlich soll es helfen, natürliche Ressourcen zu schonen. Grundlegende Voraussetzung dafür ist es, Abfälle zu vermeiden und möglichst effizient zu verwerten. Das ElektroG verpflichtet u. a. die Hersteller, Verantwortung für den gesamten Lebenszyklus ihrer Produkte zu übernehmen.

7.18 Bewertung der Angebote

Die in den vorangegangenen Abschnitten dieses Kapitels genannten Mindestkriterien und Anforderungen stellen die Grundlage zur Erfüllung eines Angebots dar. Eine höhere Qualität und auch Effizienz, die über die Mindestkriterien hinausgehen, können durch ein Scoring-System vergeben und ausgewertet werden. Dabei hängen die Auswahl der Zuschlagskriterien und die angewendete Gewichtung von der Art des Projekts, der Art des Gebäudes und der jeweiligen Zimmertypen ab. Im Folgenden werden Beispiele für die Auswahl der Vergabekriterien (Tabelle 6) und die Bewertung der Angebote durch das Scoring-Schema (Tabelle 7) aufgezeigt.

Tabelle 5 *Basiskriterien für Innen & Straßenbeleuchtung*

Kriterium	Mindestkriterium	Zuschlagskriterien
Wirtschaftliche Beleuchtungskriterien		
Kosten über die Bilanzansatz- und Bewertungsregeln		
Lebenszyklus-Kosten (Betrachtungszeitraum muss definiert werden)		✓
• Investitionskosten		✓
• Wartungskosten		✓
• Energiekosten		✓
Qualitätskriterien		
Leistungsfaktor	✓	
Lichtqualität		
Leuchtdichte und Beleuchtungsstärke	✓	
Farbtemperatur und Farbtoleranz	✓	
Allgemeiner Farbwiedergabe-Index	✓	
Bemessungsleistung	✓	
Mittlere Bemessungslebensdauer	✓	✓
Gleichmäßigkeit	✓	
Blendung	✓	✓
Vertragliche Nachhaltigkeits-Aspekte		
Garantie	✓	✓
Nutzertraining/Schulung (Nutzerkomfort)		✓
Recycling & Reparierbarkeit		✓
Verfügbarkeit von Ersatzteilen	✓	✓
Installation, Betrieb		✓
Design		✓

Tabelle 6 *Erweiterte Kriterien Innenbeleuchtung*

Kriterium	Mindestkriterium	Zuschlagskriterien
Qualitätskriterien		
Energieeffizienz		
(System)Lichtausbeute	✓	
Standby-Leistung	✓	
Lichtqualität		
Flimmern	✓	✓

Tabelle 7 *Gewichtungsvorschlag*

Zuschlagskriterien	Gewichtung [%]
Wirtschaftliche Beleuchtungskriterien	**50**
Kosten über die Bilanzansatz- und Bewertungsregeln	
Lebenszyklus-Kosten	
• Investitionskosten (eurowerte werden addiert und zwischen den Anbietern verglichen)	
• Wartungskosten	
• Energiekosten	
Qualitätskriterien	**50**
Lichtqualität	30
Mittlere Bemessungslebensdauer	
Bemessungsleistung	
Blendung	
Flimmern	
Vertragliche Nachhaltigkeits-Aspekte	20
Garantie	
Nutzertraining/Schulung (Nutzerkomfort)	
Recycling & Reparierbarkeit	
Verfügbarkeit von Ersatzteilen	
Installation, Betrieb	
Design	
Total	**100**

Literaturverzeichnis

AMEV – Beleuchtung 2016, Hinweise für die Beleuchtung öffentlicher Gebäude (2017) unter:
https://www.amev-online.de/AMEVInhalt/Planen/Elektrotechnik/Beleuchtung%202016/Beleuchtung-2016_Stand_2017.pdf

ASR A3.4 – Technische Regeln für Arbeitsstätten unter:
https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/pdf/ASR-A3-4.pdf?__blob=publicationFile&v=2

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/file/nki_klimaschutz_in_neuem_licht_bf.pdf

DIN EN 12464 (Teil 1): Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen unter:
https://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/130307_Leitfaden_DIN_2_Web.pdf

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

DIN V 18599 (Teil 4): Energetische Bewertung von Gebäuden, Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 4: Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung

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

IEA 4E SSL Performance Tiers, http://ssl.iea-4e.org/product-performance/performance-tiers, 2016

ECHA – European Chemicals Agency – How to address chemicals of concern: roadmap 2020 unter:
https://echa.europa.eu/documents/10162/22372335/reach_clp_tips_chemicals_of_concern_en.pdf/ca9abe64-609a-4fcb-9e82-3dfd7c69fdc3

EU GPP Criteria for Indoor Lighting, EU JRC unter:
http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/-criteria/indoor_lighting.pdf, 2012

Minergie Efficacy criteria, hhtp://www.minergie.ch

Minergie Produktreglement zu den Gebäudestandards, v. 2017.2, part 11.1, Switzerland

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 – licht.wissen 01 – Die Beleuchtung mit künstlichem Licht unter:
https://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/1603_lw01_Kuenstliches-Licht_web.pdf

ZVEI1 – Information zum Dimmen von LED-Lichtquellen (2014). ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie e. V., 2014

ZVEI2 – Leitfaden Planungssicherheit in der LED-Beleuchtung; Begriffe, Definitionen und Messverfahren: Grundlagen für Vergleichbarkeit (2015); 2. Ausgabe unter:
https://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/ZVEI-Schriften/1512_ZVEI-LED-Leitfaden_2._Ausgabe.pdf

PremiumLight-Pro Konsortium:

Österreich
Austrian Energy Agency
www.energyagency.at

Tschechische Republik
SEVEn, The Energy Efficiency Center
www.svn.cz

Dänemark
Energy piano

Portugal
Institute for Systems and Robotics,
University of Coimbra

Großbritannien
Energy Saving Trust
www.energysavingtrust.org.uk

Deutschland
co2online gGmbH
www.co2online.de

Italien
Politecnico Milano
www.energia.polimi.it

Spanien
Ecoserveis
www.ecoserveis.net

Polen
FEWE, Polish Foundation for Energy
Efficiency, www.fewe.pl

Impressum

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

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
Bild Titelseite: Camila Ferrari

Stand
August 2018
2. 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.