



TRILUX
SIMPLIFY YOUR LIGHT.

LEITFADEN NACHHALTIGER UND ÖKOLOGISCHER AUSSENBELEUCHTUNG

GANZHEITLICHE
BETRACHTUNG

www.trilux.com



1 Einleitung – Begriffe und Betrachtungsweisen Einleitung	Seite 004
1.1 Nachhaltigkeit: es gibt viele Definitionen	Seite 005
1.2 Der hier verwendete Nachhaltigkeitsbegriff	Seite 005
2 Ökologische Nachhaltigkeit	Seite 006
2.1 Bewertung der Nachhaltigkeit einer LED-Leuchte	Seite 007
Blick auf den gesamten Lebenszyklus der Leuchte	Seite 007
Wie können Hersteller die Nachhaltigkeit ihrer Produkte kommunizieren?	Seite 007
Leuchten im Kontext des nachhaltigen Bauens	Seite 008
2.2 Welche Vorteile bieten LEDs hinsichtlich ökologischer Nachhaltigkeit?	Seite 009
Energieeffizienz	Seite 009
Blick auf den gesamten Lebenszyklus	Seite 010
Lange Lebensdauer – niedrige Wartungskosten	Seite 010
Gute Ansteuerbarkeit	Seite 011
Gute Lichtlenkung	Seite 011
Kleine Bauform	Seite 011
2.3 Wie kann man die Vorteile der LEDs im Gesamtsystem Leuchte nutzen?	Seite 012
Bei der LED-Integration ist Know-how gefragt	Seite 012
Sonderfall Retrofit	Seite 012
2.4 Wie entstehen mit nachhaltigen LED-Leuchten nachhaltige Beleuchtungsanlagen?	Seite 013
Erst kompetente Lichtplanung setzt Energiesparpotenziale frei	Seite 013
Energieverschwendung durch Streuverluste	Seite 013
Effizienz versus gestalterische Qualität	Seite 014
Keine Abstrahlung in den oberen Halbraum	Seite 015
Lichtmanagement: Licht nach Bedarf	Seite 016
Leuchten in der Smart City	Seite 016
2.5 Natur- und Artenschutz	Seite 018
Welche Risiken sind bekannt?	Seite 018
• Lichtschneisen	Seite 018
• Rhythmusverschiebung	Seite 018
• Die Anziehungskraft des Lichts	Seite 019
• Irreführung von Vögeln	Seite 019
• Keine Studien zu Pflanzen bekannt	Seite 019
Es besteht Forschungsbedarf	Seite 019
LED-Leuchten sind eine gute Wahl	Seite 020
• Präzise Lichtlenkung	Seite 020
• Insektenfreundliche Leuchtenkonstruktion	Seite 020
• Überdimensionierungen sind einfach vermeidbar	Seite 020
3 Ökonomische Nachhaltigkeit	Seite 022
Licht für die 24/7-Gesellschaft	Seite 023
Sicherheit auf Straßen, Wegen und Plätzen	Seite 023
Technologiebedingte Vorteile	Seite 023
LED-Leuchten als Voraussetzung für die Digitalisierung des Lichts	Seite 024
Vorteile beim Betrieb der Straßenbeleuchtung	Seite 024
LED-Leuchten im Kontext der Smart City	Seite 024
4 Soziale Nachhaltigkeit	Seite 026
Abgrenzung	Seite 027
Mit Lichtlenkung gegen Lichtemissionen	Seite 027
Bedarfsgerecht gesteuertes Licht	Seite 028
Licht für netzferne Gegenden	Seite 029
Licht für lebenswerte Städte	Seite 029
5 Gesetzliche Vorgaben und Regelungen in Deutschland	Seite 030

LEITFADEN NACHHALTIGER UND ÖKOLOGISCHER AUSSENBELEUCHTUNG

1 EINLEITUNG –
BEGRIFFE UND
BETRACHTUNGSWEISEN



1.1 Nachhaltigkeit: es gibt viele Definitionen

Das Prinzip der Nachhaltigkeit ist nicht neu. Viele Quellen datieren sein erstmaliges Erscheinen ins 17. Jahrhundert. Damals meinte Nachhaltigkeit, nur so viele Bäume zu fällen, wie wieder nachwachsen können. Es ging also darum, dass natürliche Ressourcen langfristig erhalten bleiben. Seit jenen Anfängen befindet sich der Begriff Nachhaltigkeit in einem steten Wandel. Heute existieren zahlreiche Definitionen nebeneinander. Je nach Ursprung fokussieren sie oft auf unterschiedliche Aspekte oder Ziele nachhaltigen Handelns.

Mit der Verabschiedung der Agenda 21 auf der ersten UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro wurde das Konzept der Nachhaltigkeit formal zu einem Leitprinzip der Politik. Basierend auf der Erkenntnis, dass globaler Umweltschutz nur möglich ist, wenn zugleich ökonomische und soziale Aspekte beachtet werden, formulierte die Europäische Union 1997 mit ihrem Vertrag von Amsterdam explizit drei Säulen der Nachhaltigkeit. Danach umfasst sie nicht nur ökologische, sondern auch ökonomische und soziale Aspekte.

1.2 Der hier verwendete Nachhaltigkeitsbegriff

Dieses umfassende Verständnis von Nachhaltigkeit soll auch in dieser Materialsammlung zugrunde gelegt werden. Fragt man nach der Nachhaltigkeit einer Außenleuchte bzw. von Außenbeleuchtungsanlagen müssen demnach folgende Kriterien betrachtet werden:

- ökologisch: Ressourcen-, Klima- und Naturschutz
- ökonomisch: Herstellungs-, Installations-, Betriebs-, Wartungs- und Entsorgungskosten aller Komponenten einer Außenbeleuchtungsanlage | wirtschaftlicher Nutzen, der aus der Beleuchtung erwächst | Vorteile durch zusätzliche Funktionen, die durch die Lichttechnik möglich werden
- sozial: Gewinn für das gesellschaftliche Zusammenleben, Sicherheit, Gesundheit und Lebensqualität der Nutzer

Letztlich geht es bei einer nachhaltigen Außenleuchte bzw. Außenbeleuchtung also darum, Ressourcen- und Klimaschutz, Vorteile für den Nutzer und Wirtschaftlichkeit zu verbinden.

LEITFADEN
NACHHALTIGER
UND ÖKOLOGISCHER
AUSSENBELEUCHTUNG

2 ÖKOLOGISCHE
NACHHALTIGKEIT



2.1 Bewertung der Nachhaltigkeit einer LED-Leuchte

Blick auf den gesamten Lebenszyklus der Leuchte

Will man bewerten, wie ökologisch eine LED-Außenleuchte ist, hilft eine Momentaufnahme nicht weiter. Hier ist ein Blick auf alle Komponenten und alle Phasen des Lebenszyklus des Produktes erforderlich. Es gilt also, die Auswirkungen auf die Umwelt umfassend und in den verschiedenen Etappen zu untersuchen – von der Rohstoffgewinnung über die Produktion, Installation, Betrieb und Wartung, bis hin zum Recycling nach dem Ende der Lebensdauer. Ebenso fließen alle Transportwege in die Betrachtung ein.

Am Ende einer so umfassenden Analyse steht eine belastbare Ökobilanz. Mit ihr kann der Hersteller den ökologischen Fußabdruck seiner Produkte quantifizieren und im besten Fall ein glaubhaftes Bekenntnis zum Klima- und Ressourcenschutz abgeben. Aber auch für seine Kunden ist so eine Bilanz wichtig, denn mit ihr können sie das Produkt im Kontext ihrer eigenen Nachhaltigkeitsziele bewerten.

Damit die Ökobilanzen der Produkte verschiedener Hersteller verglichen werden können, definieren die internationalen Normen ISO 14040: 2006 und ISO 14044: 2006 Richtlinien, nach denen das Life Cycle Assessment durchgeführt werden muss. Zudem gibt es noch spezielle Richtlinien für einzelne Produktgruppen (Product Category Rules – PCRs). Werden diese Vorgaben eingehalten, entstehen Environmental Product Declarations (EPDs), die dann von unabhängiger dritter Stelle verifiziert werden können.

Wie können Hersteller die Nachhaltigkeit ihrer Produkte kommunizieren?

Da die Nachhaltigkeit eines Produktes durch viele verschiedene Aspekte bestimmt wird, kann sie nicht in eine einfache Kennzahl gefasst werden. Es gibt verschiedene Dokumentationen, Kennzeichnungen und Labels, die über die Nachhaltigkeit von Produkten Auskunft geben sollen. Um ihre Aussagekraft beurteilen zu können, muss man die angewendeten Bewertungskriterien und -methoden kennen. Beispielsweise gibt es Umweltkennzeichnungen, die allein in der Verantwortung des Herstellers liegen, während andere eine unabhängige Verifizierung durch Dritte erfordern. Für Leuchten gibt es derzeit kein branchenweit etabliertes Nachhaltigkeitsiegel bzw. Zertifizierungssystem. Nach aktuellem Wissensstand werden folgende zwei Instrumentarien in der Branche genutzt:

- **EPD**

Nach international genormten Methoden entstehen Umweltproduktdeklarationen (Environmental Product Declaration, EPD). Das Institut Bauen und Umwelt e. V. (IBU) ist zum Beispiel ein Zusammenschluss von Bauprodukteherstellern, der ein internationales Programm für Umwelt-Produktdeklarationen betreibt. Ein entsprechender Produktpass wird in Zukunft auch in digitaler Form vorliegen.

- **Cradle-to-cradle**

Das Cradle-to-cradle-Label sieht vor, dass Produktmaterialien und Verarbeitungsprozesse in fünf Kategorien bewertet werden (Materialauswahl, Wiederverwertung, Erneuerbare Energien, verantwortungsvoller Umgang mit Wasser, soziale Gerechtigkeit). Das Label soll zeigen, dass Produkte und Herstellungsverfahren auf dem Weg zu einer besseren Verträglichkeit für Mensch und Natur sind. Auch wenn der Name es nahelegen kann, das Cradle-to-cradle-Label deklariert nicht, dass alle für das Produkt eingesetzten Materialien und Komponenten am Ende der Produktlebensdauer weiter- bzw. wiederverwendet werden! Die Zertifizierung muss alle zwei Jahre erneuert werden.



Lichtlösungen im Kontext des nachhaltigen Bauens

Zertifizierungsprogramme für nachhaltiges Bauen wie DGNB, LEED, GreenStar oder BREEAM zertifizieren Gebäude im Hinblick auf ihre Nachhaltigkeit. Hier werden also nicht Produkte bewertet, sondern Gebäude. Die eingesetzten Bauprodukte und technischen Ausstattungen haben allerdings direkte Auswirkungen auf die Gesamtperformance des Gebäudes und beeinflussen somit wesentlich das Zertifizierungsergebnis. Gebäudezertifizierungssysteme stellen deshalb teilweise konkrete Anforderungen an Produkte, die über die gesetzlichen Standards hinausgehen. Der Hersteller muss in diesem Fall im Projekt nachweisen, dass seine Produkte diese Vorgaben erfüllen. Dies geschieht durch Selbstdeklarationen oder durch Zertifikate/Labels und EPDs. Produkte mit einem Cradle-to-cradle-Label können beispielsweise Extrapunkte bei den Gebäudezertifizierungssystemen LEED und BREEAM einbringen.

Je nach Zertifizierungssystem und Gebäudeart fließt auch die Außenbeleuchtung in die Bewertung mit ein. Im System der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) zeigen dies exemplarisch folgende Kriterien:

- für Neubauten:
 - SOC 1.6 Aufenthaltsqualitäten: Das Kriterium betrachtet die Aufenthaltsqualitäten sowohl im Außenraum als auch innerhalb des Gebäudes.
 - TEC1.7 Immissionsschutz: Ziel ist es, Störungen des unmittelbaren Gebäudeumfelds durch Schall- und Lichtemissionen zu minimieren.
- für Stadtquartiere und Gewerbequartiere
 - ENV1.4 Biodiversität
 - SOC1.9 Emission/Immission

2.2 Welche Vorteile bieten LEDs hinsichtlich ökologischer Nachhaltigkeit?

Energieeffizienz

Ein riesiger Schritt in Richtung Energieeffizienz ist der Lichtbranche in den letzten Jahren durch die Einführung von LED-Lichtquellen gelungen. Über die Effizienz einer Lichtquelle gibt ihre Lichtausbeute Auskunft. Sie deklariert, wieviel elektrische Energie für 1 Lumen Lichtstrom aufgewendet werden muss. Aktuelle Hochleistungs-LEDs haben eine Lichtausbeute bis 220 lm/W. Zum Vergleich: Bei einer Glühlampe lag dieser Wert bei bis zu 30 lm/W, Leuchtstofflampen kommen auf circa 100 lm/W. Das heißt:

LEDs liefern unter allen derzeit verfügbaren Lichtquellen die höchsten Lichtausbeuten und sind am energieeffizientesten.

Der Einsatz von LED-Lichtquellen in Außenleuchten kann folglich große Energieeinsparungen freisetzen. Durch die Umrüstung einer Straßenbeleuchtung von herkömmlichen Leuchten auf LED-Leuchten lassen sich unter bestimmten Voraussetzungen bis zu 80 % Beleuchtungsenergie einsparen. Würden sämtliche Kommunen in Deutschland ihre etwa 9 Millionen Straßenleuchten auf LED-Technik umrüsten, könnte man – so hat die Deutsche Energieagentur dena hochgerechnet – ein Energiesparpotenzial von circa 2,2 Mrd. kWh jährlich heben. Diese Energiemenge entspricht etwa dem jährlichen Verbrauch von 660.000 Haushalten und bedeutet 1,3 Mio. Tonnen CO₂-Emissionen.

LED-Außenleuchten können also einen immensen Beitrag zum Klima- und Ressourcenschutz leisten.



Blick auf den gesamten Lebenszyklus

Schaut man sich den Verbrauch an Primärenergie über den gesamten Lebenszyklus einer Leuchte an, so ist der Energieverbrauch im Betrieb der mit Abstand größte Posten. Laut der Brancheninitiative licht.de entfallen über 90% des Gesamtenergieverbrauchs während des Lebenszyklus einer Leuchte auf die Anwendungsphase. Nur 10% werden für Rohstoffe, Transport, Produktion und Recycling eingesetzt. Da LED-Leuchten eine hohe Lichtausbeute bieten, also besonders effizient betrieben werden können, weisen sie im Vergleich zu herkömmlichen Lichtquellen die bessere Energiebilanz auf.

In der Nachhaltigkeitsbewertung eines Produktes ist der Verbrauch an Primärenergie aber nur ein Bewertungskriterium von vielen. Andere Einflussfaktoren sind beispielsweise die Materialgewinnung und der Materialeinsatz, Abfall und Emissionen oder die Recyclingfähigkeit und Wiederverwendung von Werkstoffen und Ressourcen (Stichwort Circular Economy, Kreislaufwirtschaft).

Das europäische Projekt Repro-light (Re-usable and re-configurable parts for sustainable LED-based lighting systems, also wiederverwendbare und neukonfigurierbare Komponenten von LED-basierten Beleuchtungssystemen) ist ein Forschungsprojekt, das Möglichkeiten untersucht, Prinzipien der Circular Economy auf die Produktion von LED-Leuchten anzuwenden. Unter anderem wurden im Rahmen dieses Projektes zahlreiche Studien zu Ökobilanzen von Beleuchtungsprodukten der letzten Jahre analysiert und mit modernen Methoden des Life Cycle Assessment ausgewertet. Neben dem Energieverbrauch während des Betriebs rücken hier noch weitere Aspekte, wie beispielsweise die speziellen Rohstoffe und Materialien der LED-Module und elektronischen Komponenten in den Fokus. So fallen beim Abbau der in den LED-Modulen verwendeten Metalle der Seltenen Erden große Mengen an Rückständen an, die giftige Abfälle enthalten. Einige der untersuchten Studien zeigen in der Produktionsphase einen hohen Stromverbrauch bei der Herstellung von Leiterplatten und Aluminiumkühlkörpern für die LED-Lichtquellen an. Andere verweisen auf Schwefeldioxidemissionen während der Schmelz- und Verarbeitungsprozesse in der Kupferproduktion.

Das Projekt Repro-light, bei dem TRILUX bereits von Beginn an als engagierter Partner mitarbeitet, sieht in der genauen Quantifizierung sämtlicher Wirkfaktoren über den ganzen Lebenszyklus der LED-Leuchten eine Herausforderung, aber auch eine große Chance für Leuchtenhersteller. Je detaillierter und genauer man das ökologische Impact der Produkte bewerten kann, desto besser kann man Leuchtendesigns nämlich Richtung Nachhaltigkeit optimieren.

Lange Lebensdauer – niedrige Wartungskosten

Je länger ein Produkt seinen Zweck erfüllt, desto besser ist seine Ökobilanz, denn es muss nicht durch Neuanschaffungen ersetzt werden. Auch in dieser Hinsicht können LEDs überzeugen, denn sie sind deutlich langlebiger als herkömmliche Lampen. Typische Lebensdauerangaben für LED-Lichtquellen liegen zwischen 80.000 bis 100.000 h. Bei circa 4.000 h im Jahr, die eine Außenleuchte in unseren Breiten üblicherweise angeschaltet ist, wären das 25 Jahre.

Angesichts der enormen LED-Lebensdauer können sich Betreiber die bei herkömmlichen Leuchtmitteln notwendigen Lampenwechsel sparen. Weder müssen Werkstattwagen und Hubsteiger zu den Lichtpunkten fahren, noch müssen Ersatzlampen beschafft und gelagert werden – neben spürbaren Kostenentlastungen bedeutet auch dies erhebliche Einsparungen von Energie und Material. Somit können bis zu 50 % der Kosten im Bereich der Wartungsarbeiten gespart werden.

Die lange Lebensdauer der LEDs wirkt sich positiv auf ihre Ökobilanz aus. Dass die bei anderen Lichtquellen nötigen Lampenwechsel entfallen, spart weitere Ressourcen bei Ersatzteilbeschaffung und Wartung.



Gute Ansteuerbarkeit

LEDs sind Halbleiterlichtquellen und lassen sich daher sehr gut ansteuern. Sie liefern nach dem Anschalten ohne Verzögerung den vollen Lichtstrom und sie können jederzeit – ohne Abkühlen o.ä. – an- und ausgeschaltet werden. Zudem lassen sich LED-Lichtquellen gut dimmen. Diese Eigenschaften legen die Basis für ein bedarfsgerechtes Lichtmanagement, das zusätzlich zur hohen Lichtausbeute weitere Energieeinsparungen ermöglicht. Licht nach Bedarf vermeidet außerdem unnötige Lichtimmissionen in die Umgebung.



Gute Lichtlenkung

Im Vergleich zu herkömmlichen Lampen handelt es sich bei LEDs um punktförmige Lichtquellen. Mit Linsen und Reflektoren lässt sich das von LEDs abgestrahlte Licht gut lenken. Diese bessere Kontrolle über die Lichtverteilung ermöglicht, Streuverluste zu minimieren, und leistet somit einen weiteren Beitrag zur energieeffizienten Lichtanwendung.



Kleine Bauform

LED-Lichtquellen sind wesentlich kleiner als herkömmliche Lampen. Dies ermöglicht, die Abmessungen der Gehäuse der Leuchten und somit den Materialeinsatz zu reduzieren. Gerade im Zusammenspiel mit Linsen als optischem System sind sehr flache Bauformen möglich. Es muss allerdings angemerkt werden, dass viele LED-Lichtquellen Kühlkörper benötigen, die wiederum zusätzlichen Materialeinsatz erfordern.



2.3 Wie können die Vorteile der LEDs im Gesamtsystem Leuchte genutzt werden?

Bei der LED-Integration ist Know-how gefragt

Damit die Vorteile der LED-Lichtquellen ausgeschöpft werden können, müssen sie kompetent in das Gesamtsystem Leuchte eingebunden werden. Wichtige Kriterien sind die Begrenzung der Betriebstemperatur durch ein geeignetes Thermomanagement, angepasste Optiken, um das LED-Licht exakt zu lenken, sowie effiziente und langlebige Baugruppen für die Stromversorgung, Ansteuerung und eventuell Sensorik.

Lichtstrom, Lichtausbeute oder Lebensdauer einer Leuchte können niemals anhand der technischen Parameter der LED-Lichtquelle bewertet werden. Beispielsweise haben Transmissions- und Reflexionsverluste, Temperatur und elektrische Betriebsparameter erheblichen Einfluss auf Lichtstromwerte und Lichtausbeute der Leuchte. Die Lebensdauer ist nicht allein von der Lebensdauer des LED-Moduls, sondern auch von der Lebensdauer anderer Baugruppen, wie zum Beispiel dem Betriebsgerät, abhängig. Gerade das Betriebsgerät (auch LED-Treiber genannt) hat zudem erheblichen Einfluss auf die Energieeffizienz der Leuchte.

Darüber hinaus gilt für LED-Leuchten selbstverständlich auch, was für Leuchten mit konventioneller Lichttechnik gilt: Eine geeignete Materialwahl, hochwertige Verarbeitung und entsprechende konstruktive Lösungen sichern lange Standzeiten. Wichtige Kriterien in diesem Zusammenhang sind Korrosionsschutz, kein Vergilben und Verspröden von Kunststoffen, Schutz des Leuchten-Innenraums gegen Schmutz und Feuchtigkeit, langlebige elektrische und elektronische Bauteile und Baugruppen, Schutz gegen Überspannung und Schutz gegen Vandalismus.

Sonderfall Retrofit

Um die Energieeffizienz der LED-Lichtquellen zu nutzen, ohne in neue Leuchten investieren zu müssen, entscheiden sich Bauherren bzw. Betreiber bei manchen Projekten dafür, in den Bestandsleuchten herkömmliche Lampen gegen LED-Lampen auszutauschen. Dieses Retrofitting oder 1:1-Austausch genannte Vorgehen präsentiert sich auf den ersten Blick als einfache und relativ preiswerte Lösung, um Energiekosten zu senken. Im professionellen Umfeld wirft so eine Umrüstung aber viele Fragen auf. Aspekte wie Einhaltung von Normen, Erhalt von Lichtqualität und somit Sicherheit (Blendung, Gleichmäßigkeit), Betriebstemperaturen in der Leuchte, Dimmbarkeit und Ansteuerung sowie Gewährleistung müssen evaluiert werden. Häufig lässt sich erst nach der Sanierung mit Sicherheit klären, ob und wie LED-Retrofit-Lampe und vorhandener Geräteträger zusammen funktionieren. Im Vergleich dazu punkten LED-Komplettlösungen mit perfekt aufeinander abgestimmten Einzelkomponenten und präzise vorhersehbaren Qualitäts- und Effizienzparametern.



2.4 Wie entstehen mit nachhaltigen LED-Leuchten nachhaltige Beleuchtungsanlagen?

Erst kompetente Lichtplanung setzt Energiesparpotenziale frei

LED-Straßenleuchten weisen eine sehr hohe Effizienz auf und sind dadurch in puncto Energieeinsparung konkurrenzlos. Aber damit sie diesen Vorteil im praktischen Einsatz ausspielen können, ist eine kompetente Anlagenplanung unerlässlich. Um alle lichttechnischen, normativen und gestalterischen Anforderungen zu erfüllen, sind zahlreiche Kriterien zu betrachten.

Unerlässlich sind eine umfassende Evaluierung der Anforderungen und Erwartungen an die Anlage sowie enge Abstimmung zwischen Planer und Betreiber. Nur durch ein korrektes Anforderungsmanagement kann das maximale Energiesparpotential ausgeschöpft werden. Dies setzt ein detailliertes und vollständiges Informations-Input durch den Auftraggeber voraus.

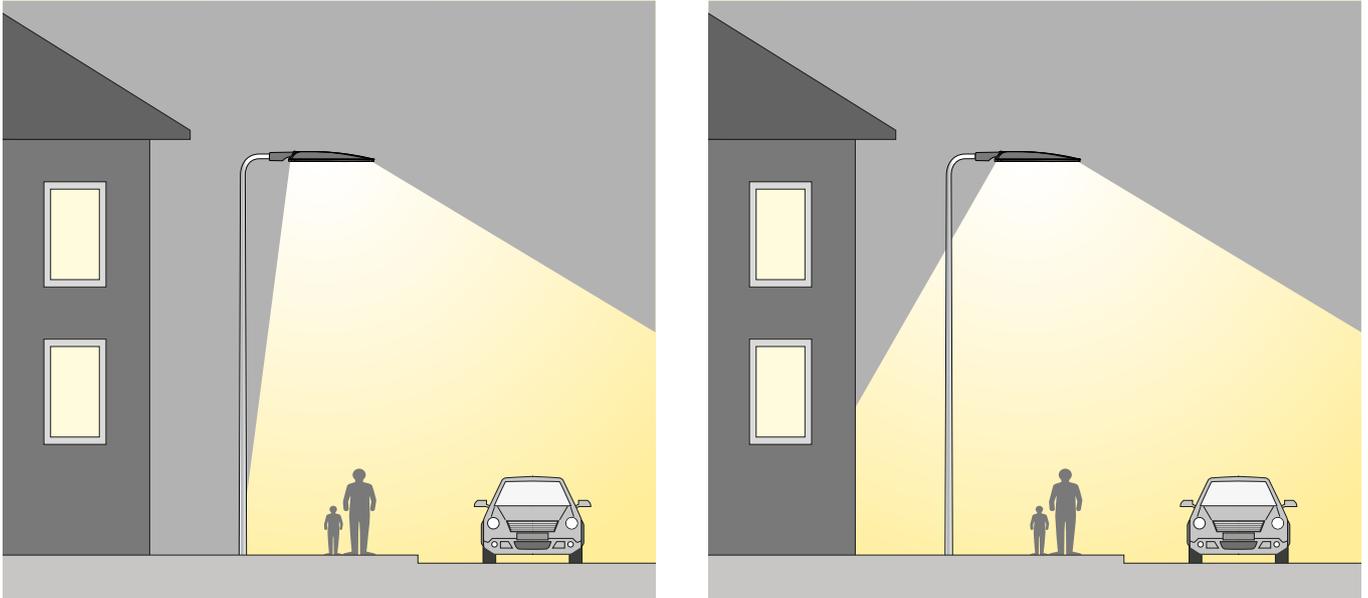
Energieverschwendung durch Streuverluste

Leuchten müssen das Licht exakt dorthin bringen, wo es gebraucht wird. Dafür sorgen einerseits ein gut gewählter Standort und andererseits die Reflektoren und Linsen – also das optische System – der Leuchte. Um die unterschiedlichsten baulichen Gegebenheiten mit einem einheitlichen Leuchtendesign bedienen zu können, bieten Leuchtenhersteller ihre Produktfamilien mit unterschiedlichen Lichtverteilungen an. So lassen sich eine schnurgerade Bundesstraße, ein Fahrradweg, der sich durch Gelände schlängelt, oder ein Fußgängerüberweg ebenso normgerecht und effizient beleuchten wie ein Stadtplatz mit komplexem Grundriss.

TRILUX hat für nahezu alle Leuchten seines Portfolios die Multi-Lens-Technologie (MLT) implementiert. Diese Plattformstrategie setzt auf konsequente Kompatibilität zwischen Linsensystemen und Leuchtengehäusen. Im Ergebnis kann der Anlagenplaner für die Anwendung die effizienteste Linse auswählen und der Kunde hat freie Wahl hinsichtlich der Auswahl des Leuchtentyps. MLT ermöglicht also eine individuelle Anpassung der Leuchten an die kundenspezifische Lichtaufgabe. Im Bereich der Außenbeleuchtung sind alle gängigen Beleuchtungsklassen der Straßenbeleuchtung abgedeckt. Auch Anstrahlungsaufgaben sowie die Beleuchtung von Plätzen und Flächen im industriellen Bereich werden mit dem modularen und intelligenten Linsensystem MLT komplett abgedeckt.

Effizienz versus Designqualität

Gerade in innerstädtischen Bereichen und Wohnvierteln verlangt die Frage nach dem Streulicht übrigens Finger-spitzengefühl. Während unkontrollierte Abstrahlungen in die Wohnungen Anwohner stören, ist eine kontrollierte Fassadenaufhellung in manchen Bereichen gewünscht. Erst die Wahrnehmbarkeit vertikaler Flächen lässt Räume entstehen und macht Dimensionen erfahrbar. Aus diesem Grunde muss der Lichtplaner je nach Situation entscheiden, ob er Leuchten einsetzt, die das Licht ausschließlich auf Wege und Straßen bringen oder ob eine sanfte Abstrahlung in den Bereich hinter der Leuchte erwünscht ist. Dabei geht es auch nicht nur um die räumliche Wahrnehmung und gestalterische Erwägungen. Starke Kontraste zwischen partieller Beleuchtung und angrenzender Dunkelheit senken beispielsweise auch oft das subjektive Sicherheitsempfinden von Passanten.

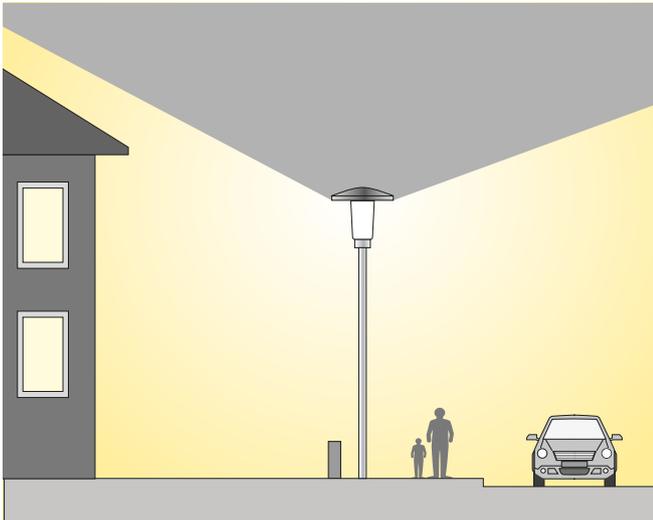


An diesen Beispielen wird deutlich, dass Energieeffizienz und Funktionalität nie die einzigen Kriterien bei Leuchtenauswahl und Anlagenplanung sein können. Gerade in Städten und Gemeinden geht es auch immer um gestalterische Qualitäten und das Wohlbefinden der Nutzer.

In der Straßenbeleuchtung ist die Begrenzung der Beleuchtung ausschließlich auf die Geometrie der Verkehrsflächen in vielen Anwendungssituationen schon durch Normvorgaben unmöglich. Die Straßenbeleuchtung DIN EN 13201 fordert in vielen Planungssituationen eine Randaufhellung entlang der Straße, damit Autofahrer dort befindliche Lebewesen und Gegenstände frühzeitig und richtig erkennen können.

Keine Abstrahlung in den oberen Halbraum

Auch wenn es den Anlagenwirkungsgrad etwas senkt, kann es also durchaus gewollt sein, dass Straßenleuchten quasi nebenbei auch etwas Licht auf Fassaden oder in Vorgärten abgeben. Ein absolutes Tabu aber sind Abstrahlungen in den oberen Halbraum, also in Richtung Himmel.



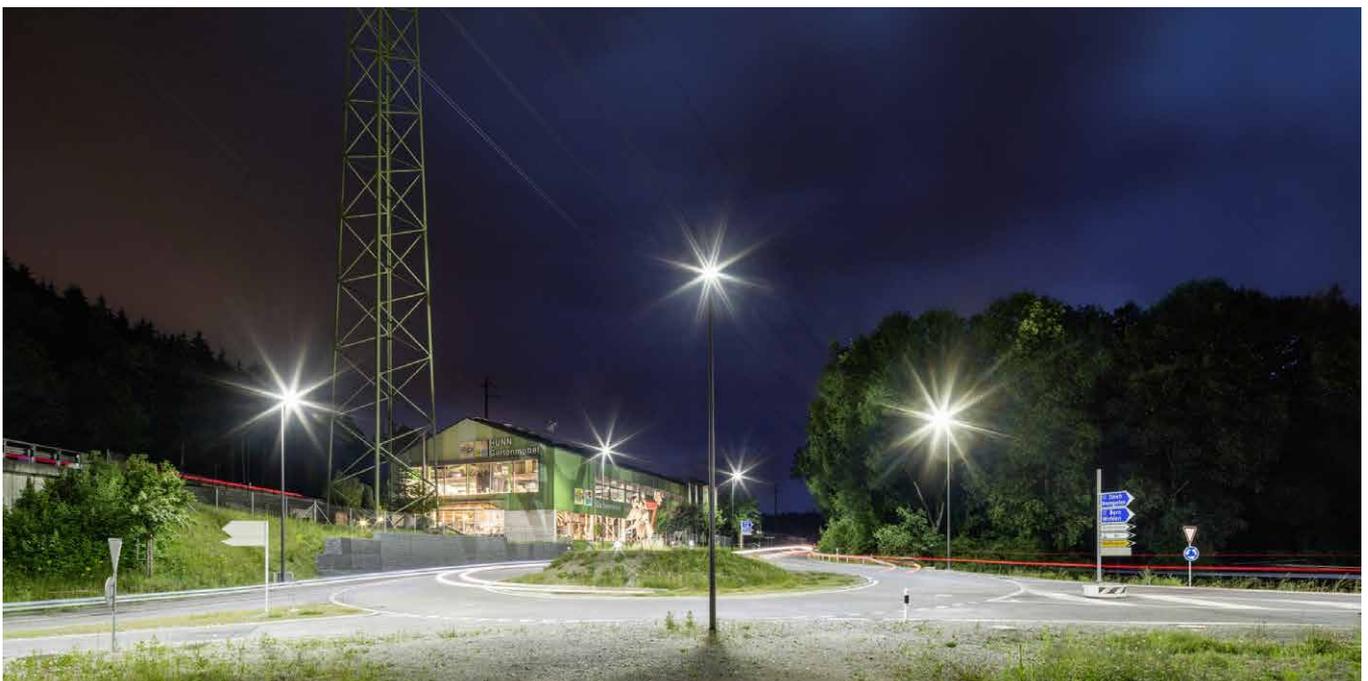
Dieses Licht ist völlig funktionsfrei und somit verschenkte Energie. Doch damit nicht genug, es kann für nachtaktive Insekten, Fledermäuse und andere Tiere sogar zum Störfaktor werden. Solche auch als „Lichtverschmutzung“ oder „Lichtsmog“ bezeichneten Lichtemissionen verhindern außerdem den Blick auf den Sternenhimmel und bedeuten ganz allgemein einen Verlust der Nacht – sie beeinträchtigen also zwei Phänomene, die den Menschen im Laufe seiner Evolution tief geprägt haben, und die es zu bewahren gilt.

Ausführungen zum Thema Lichtverschmutzung gibt es in folgenden Kapiteln:

2.5 Welche Vorteile bieten LED-Leuchten hinsichtlich Natur-und-Artenschutz? (Seite18)

4 Soziale Nachhaltigkeit: Wohlbefinden und Gesundheit des Menschen (Seite26)

Leuchtenstandorte und Abstrahlcharakteristiken müssen sorgfältig ausgewählt werden, denn Streuverluste senken den Wirkungsgrad einer Beleuchtungsanlage. Eine sanfte Aufhellung von Fassaden kann bewusst eingesetzt werden, um urbane Räume attraktiver zu gestalten. Ein absolutes Tabu ist Streulicht Richtung Himmel. Es gilt als Lichtverschmutzung.



Lichtmanagement: Licht nach Bedarf

LED-Leuchten stehen mit hohen Lichtausbeuten und vielseitigen Abstrahlcharakteristiken zur Verfügung. Damit ist das Fundament für die Planung effizienter Beleuchtungsanlagen bereits gelegt. Noch weitere Energieeinsparungen lassen sich durch ein bedarfsgerechtes Lichtmanagement erschließen.

Denkbar sind zum Beispiel Absenkungen des Lichtstroms in den späten Nachtstunden bei verringertem Verkehrsaufkommen. In nur sporadisch genutzten Bereichen kann das Licht auch präsenzabhängig geschaltet oder geregelt werden. Dabei detektieren Sensoren, wenn ein Nutzer den entsprechenden Bereich betritt und der Lichtstrom wird auf ein Niveau angehoben, wie es gute Sehbedingungen verlangen. Beim sogenannten „mitlaufenden Licht“ wird entlang eines Weges jeweils nur eine bestimmte Anzahl Leuchten unmittelbar vor und hinter dem Nutzer hochgefahren. Dies ist zum Beispiel für selten genutzte Radwege eine interessante Lösung, denn gerade bei diesen Anlagen schafft Dauerlicht eine große Diskrepanz zwischen Lichtangebot und Lichtbedarf, was unnötigen Energieverbrauch und vermeidbare Lichtimmissionen in die Umgebung bedeutet.

Für die Umsetzung eines bedarfsgerechten und damit energiesparenden Lichtmanagements steht vielseitige Hard- und Software bereit. Lichtsteuerungen können für eine einzelne Leuchte oder eine ausgedehnte stadtweite Anlage implementiert werden. Verschiedene Kommunikationsprotokolle, leitungsgebundene oder funkbasierte Kommunikation, serverbasierte Netzwerke oder lokale Controller – es existiert eine enorme Produktvielfalt, um die unterschiedlichsten Anforderungen zu bedienen.

Eine interessante Option, gerade für größere Anlagen, bietet die bidirektionale Kommunikation im Leuchten-Netzwerk. Dabei werden nicht nur Schalt- und Dimmbefehle zu den Leuchten übermittelt, sondern sie liefern auch ihre Betriebsdaten zurück. Diese Parameter können dann für die Fehlerüberwachung genutzt werden, erlauben aber auch ein Monitoring der Leuchten und geben Hinweise für die weitere energetische Optimierung der Anlage und für eine vorausschauende, besonders effiziente Wartung. Die permanente Optimierung der Betriebsparameter verlängert zudem die Lebensdauer der Leuchten. Das alles sind Beiträge zu ökologischer und ökonomischer Nachhaltigkeit.



Leuchten in der Smart City

Die Vernetzung der Leuchten über ein Lichtmanagementsystem ist Voraussetzung und oft auch wichtiger Impuls für die Nutzung von Straßenleuchten für diverse Aufgaben in der Smart City. Leuchten sind einem mehr oder weniger gleichmäßigen Raster über die Stadt verteilt und bringen per se eine Stromversorgung mit. Dies prädestiniert sie für die unterschiedlichsten Aufgaben in der Smart City. Sie können Ladestation für E-Mobility sein, Sensoren, Kameras oder Kommunikationsmodule aufnehmen, Hardware für das Parkplatzmanagement integrieren und viele andere Funktionen übernehmen, die ein nachhaltigeres Leben in den Städten ermöglichen, aber auch einen Beitrag zu ökonomischer Nachhaltigkeit leisten.

Ausführungen dazu gibt es auch in
Kapitel 3 Ökonomische Nachhaltigkeit (Seite 22).



LED-Außenleuchten von TRILUX bieten bezüglich der technischen Umsetzung von Lichtmanagement-Systemen maximale Freiheit. Das Smart Lighting Ready-Konzept (SLR) setzt auf konsequente Modularität. SLR-Leuchten sind so vorbereitet, dass sie gleich ab Werk oder auch zu jedem beliebigen späteren Zeitpunkt einfach per Plug & Play mit verschiedenen Modulen bestückt werden können. Dafür integrieren sie bis zu zwei nach Zhaga standardisierte Sockel, in die sich Sensoren oder Lichtmanagement-Hardware einsetzen lassen. SLR-Leuchten passen sich somit jedem Bedarf und Budget an. Um- oder Aufrüstung ist auch nachträglich mit minimalem Aufwand möglich. Bezüglich der Auswahl von Hard- und Software sowie Kommunikationsprotokollen stehen nahezu alle Optionen offen.



Die Lumega IQ N bringt exzellentes Licht in jeden Anwendungsbereich. Dabei fügt sich ihr konsequent minimalistisch-modernes Design harmonisch in jede Umgebung ein und topmoderne Technologien garantieren höchste Effizienz. Smart-Lighting-Ready-Varianten binden Lichtmanagement Systeme und Sensorik, auch nachträglich, via Zhaga-Schnittstellen ein. Gerade im Hinblick auf das Thema ökologische Nachhaltigkeit überzeugt die LUMEGA IQ N. Dank unterschiedlicher Lichtfarben und Abstrahlcharakteristika wird die Anlockung nachtaktiver Insekten deutlich reduziert. Des Weiteren verhindert eine hohe Schutzart (IP66) das Eindringen von Insekten in den Leuchtenkörper und ein optimiertes Logistikkonzept reduziert Verpackungsmaterialien um ein Vielfaches.



2.5 Natur- und Artenschutz

Da Straßenleuchten im Außenraum betrieben werden, hat ihr Licht direkte Auswirkungen auf Flora und Fauna – und das sowohl in naturbelassenen Räumen als auch in der Stadt. Fragt man, wie ökologisch eine LED-Leuchte ist, muss man also auch ihre Wirkungen auf Natur- und Artenschutz analysieren. Als oberste Maxime bei allen Neuanlagen und Modernisierungen gilt: „So viel Licht wie nötig, so wenig Licht wie möglich!“ LED-Leuchten sind im Vergleich zu anderen Lichttechnologien am besten geeignet, diese Vorgabe zu erfüllen, denn LED-Licht lässt sich mit Reflektoren und Linsen besonders gut lenken, es kann einfach bedarfsgerecht geschaltet und gedimmt werden und LED-Leuchten gibt es mit insektenfreundlichen Lichtspektren.

Welche Risiken sind bekannt?

- **Lichtschneisen**

Beleuchtete Straßen und Wege können für Tiere Barrieren darstellen. Sogenannte Lichtschneisen zerschneiden ihren Lebensraum, was ihren Aktionsradius eingeschränkt und eventuell die Nahrungssuche behindert. Fragmentierte Biotope können zu kleinen, isolierten Populationen einer Art und damit Nachteilen bei der Fortpflanzung führen. Sie können aber auch Artenszusammensetzungen mit ungünstigen Räuber-Beute-Beziehungen beherbergen.

So eine Licht-Barriere kann auch für Fische bei ihrer Laichwanderung zum Problem werden. Dies gilt es unter anderem bei Brückenbeleuchtungen zu beachten.

- **Rhythmusverschiebung**

Beleuchtung kann dazu führen, dass nachtaktive Tiere später erwachen und ihnen dadurch weniger Zeit für die Nahrungssuche bleibt. Das gilt beispielsweise für Licht vor den Fluglöchern von Fledermäusen, wurde aber auch für bestimmte Amphibienarten nachgewiesen. Zudem wurden Singvögel beobachtet, die ihre Eier im Einflussbereich von Straßenleuchten früher im Jahresverlauf ablegten. Das kann dazu führen, dass der Futterbedarf der Jungen nicht zeitgleich mit der größten Verfügbarkeit des Futters einsetzt.

Wie beim Menschen ist Licht auch bei vielen Tieren eine wesentliche Stellgröße für die Ausschüttung des Hormons Melatonin. Dieses Hormon taktet die innere Uhr vieler Organismen. Es steuert sowohl jahresperiodische Rhythmen, wie beispielsweise Fortpflanzung, als auch tagesperiodische Rhythmen, wie zum Beispiel Schlaf- und Wachphasen. Zudem kann es auch die Sekretion anderer Hormone wie zum Beispiel der Schilddrüsenhormone beeinflussen. Künstliche Beleuchtung während der Dunkelstunden hat daher Einfluss auf viele Prozesse rund um Physiologie, Wachstum und Reproduktion bei Tieren.

Dass diese Wirkungen erheblich sein können, wird zum Beispiel beim Einsatz von Dauerlicht bzw. angesichts der Simulation unterschiedlich langer Tageslichtphasen in der Fischzucht deutlich. Erstere soll die Reifung der Geschlechtsorgane hemmen, um Wachstum und Gewichtszunahme bei Jungfischen zu fördern. Letztere wird eingesetzt, um auch außerhalb der Laichsaison Fischeier produzieren und Fische vermehren zu können.

- **Die Anziehungskraft des Lichts**

Künstliche Lichtquellen ziehen insbesondere Insekten und Fledermäuse, aber auch Vögel an. Mit schwerwiegenden Folgen: So werden schnell fliegende Insekten beim Aufprall auf die Leuchtgehäuse verletzt oder getötet. In anderen Fällen gelangen die Tiere in das Leuchtgehäuse und sterben dort durch Hitze oder Verhungern. Wenn sich Insekten in der Nähe heller Leuchten bewegen, sind sie außerdem leichter für ihre Fressfeinde auszumachen. Indem sie desorientiert um Leuchten herumfliegen, verlieren sie zudem ihre Energievorräte. Da nicht alle Insektenarten in gleichem Maß von Licht angezogen werden, kann die Balance zwischen Populationen gestört werden.

- **Irreführung von Vögeln**

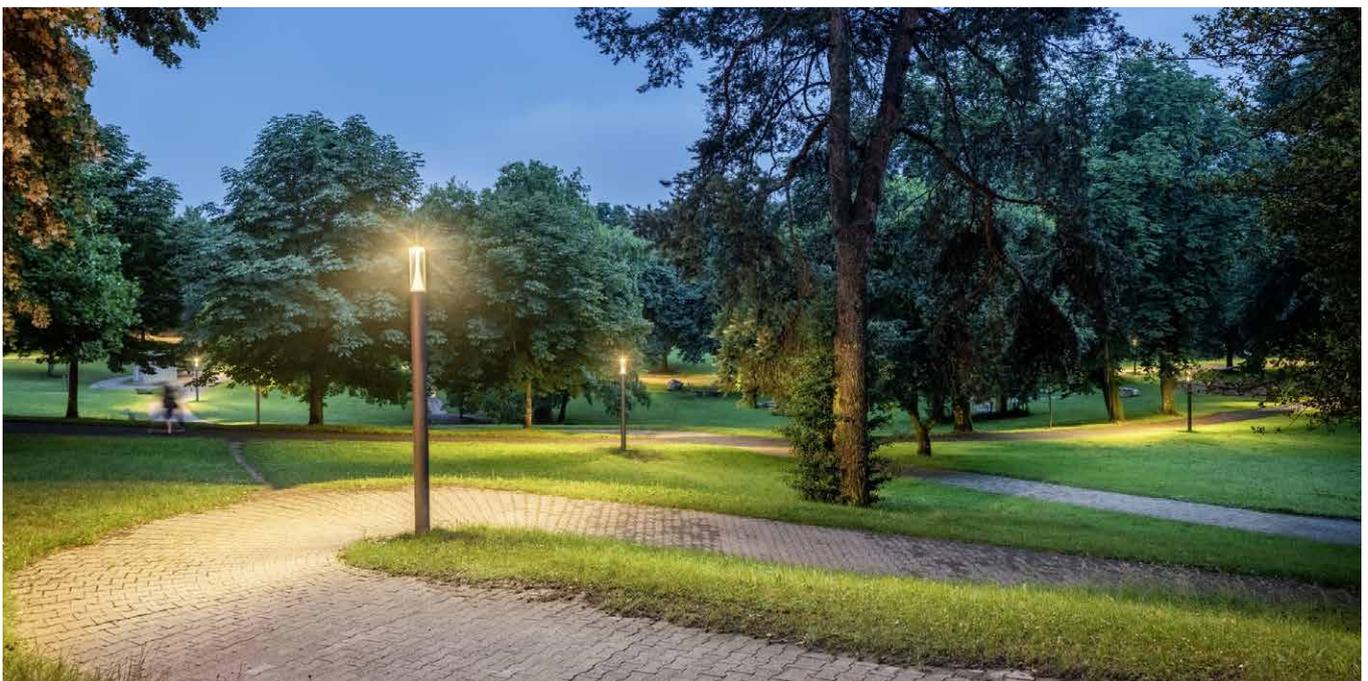
Viele Zugvögel sind in der Nacht unterwegs. Lichtquellen können sie deutlich irritieren und vom Kurs abbringen. Als Ursache dafür wird vermutet, dass Vögel ihre Orientierungshilfe, nämlich das Erdmagnetfeld – genauer die magnetischen Feldlinien – mit Hilfe von Photorezeptoren im Auge wahrnehmen können. Diese Rezeptoren sind auf die natürlichen Lichtverhältnisse und damit auf nächtliche Dunkelheit eingestellt. Trifft dann helles Kunstlicht auf das Vogelauge, gerät dieses empfindliche System durcheinander und stört die Orientierung des Vogels.

- **Keine Studien zu Pflanzen bekannt**

Spezifische Untersuchungen zu den Auswirkungen von Straßenbeleuchtung auf Pflanzen sind nicht bekannt. Es ist aber sicher, dass es Wechselwirkungen gibt, schließlich hat Licht auf Pflanzen in allen Lebensphasen enormen Einfluss. Wie Beobachtungen zeigen, werfen Äste von Bäumen, die von Straßenlampen direkt beleuchtet werden, das Laub im Herbst später ab. Es liegt nahe, dass dies eine Reaktion auf den künstlich verlängerten Tag ist.

Es besteht Forschungsbedarf

Eine explizite Aussage darüber, bei welchen Beleuchtungsstärken, Lichtverteilungen oder Kontrasten mit welcher Gefährdung von Tieren und Pflanzen zu rechnen ist, ist derzeit nicht möglich. Eine systematische Erforschung der Gefährdung von einzelnen Arten oder Artengruppen durch künstliches Licht ist noch nicht erfolgt. Oft sind übrigens nicht die Lichtemissionen alleine für das Verschwinden einer Art an einem bestimmten Ort verantwortlich. Vielmehr greifen viele Einflussfaktoren ineinander.



LED-Leuchten sind eine gute Wahl

Das Gefährdungspotenzial von Beleuchtung für Tiere und Pflanzen sollte bei jeder Lichtplanung minimiert werden. Gerade LED-Leuchten bieten viele Möglichkeiten, Risiken für die Umwelt zu reduzieren:

- **Präzise Lichtlenkung**

Licht soll dorthin gelenkt werden, wo es gebraucht wird. Unnötige Lichtemissionen gilt es konsequent zu vermeiden. Dafür sorgen einerseits gut gewählte Leuchten-Standorte und andererseits die Reflektoren und Linsen – also das optische System – der Leuchte. **Weitere Informationen dazu bietet das Kapitel 2.4, Abschnitt „Lichtlenkung und -verteilung: Streuverluste vermeiden“ (Seite 11).**

Bei besonderen Projektanforderungen können zusätzliche Abblendbleche oder Abblendtuben zum Einsatz kommen. Hilfreich ist es zudem, möglichst niedrige Lichtpunkthöhen, also niedrige Masten einzusetzen. – Selbstverständlich müssen stets trotzdem alle Normvorgaben und Sehanforderungen erfüllt werden.

Auf Wunsch unterstützt TRILUX Anlagenerrichter mit einer softwarebasierten Lichtplanung, die die optimalen Leuchten-Typen sowie Leuchten-Standorte für das jeweilige Projekt ermittelt. Welche Vorteile TRILUX-Leuchten bezüglich der präzisen Lichtlenkung bieten, wird im **Kapitel 2.4, Abschnitt „Lichtlenkung und -verteilung: Streuverluste vermeiden“ (Seite 11)** erklärt.

- **Insektenfreundliche Leuchtenkonstruktion**

Um Insekten vor dem Verbrennen zu schützen, sollte die Oberflächentemperatur der Leuchtengehäuse 60 °C nicht übersteigen. Ein gut abgedichtetes Gehäuse verhindert, dass Tiere in die Leuchte eindringen und dort durch Hitze oder Verhungern sterben. Abdeckscheiben bzw. Abschlusswannen mit Prismenstruktur oder aus opalen Materialien treten als weithin sichtbare leuchtende Flächen in Erscheinung. Der NABU – Naturschutzbund Deutschland empfiehlt deshalb klare Werkstoffe für den unteren Abschluss des Leuchtengehäuses.

- **Überdimensionierungen sind einfach vermeidbar**

Die Maßgabe „So viel Licht wie nötig, so wenig Licht wie möglich!“ lässt sich mit LED-Straßenleuchten besonders gut erfüllen, denn technologiebedingt können die Hersteller die Leistungsklassen innerhalb der Leuchtenserien sehr fein abstimmen. So ist für jeden projektspezifischen Bedarf ein Modell mit passendem Lichtstrom verfügbar. LED-Lichtquellen lassen sich gut schalten und dimmen und sind damit bestens geeignet, das Lichtangebot dem Lichtbedarf anzupassen. **Ausführliche Informationen dazu liefert das Kapitel 2.4, Abschnitt „Lichtmanagement: Licht nach Bedarf“ (Seite 16).**

Unnötige Lichtimmissionen in den Lebensraum von Pflanzen und Tieren lassen sich durch eine geeignete Leuchtauswahl, kompetente Anlagenplanung und ein intelligentes Lichtmanagementsystem vermeiden. Lichtquellen mit einem geringen Strahlungsanteil im blauen Bereich ziehen weniger Insekten an, deshalb gilt warmweißes LED-Licht als besonders insektenfreundlich.



Praxisbeispiel von TRILUX:

Außenbeleuchtung für Industrieunternehmen schont Fledermäuse

Ein Industriekunde aus der Baustoffbranche hatte die Auflage der Stadt, seine Außenbeleuchtung so zu gestalten, dass die Fledermäuse der Umgebung durch das Licht nicht geschädigt würden.

Der Hintergrund: In der Nähe seines Lagerhauses mit angeschlossenem Parkplatz verläuft die Flugschneise der nachtaktiven Tiere. Die Herausforderung bestand darin, die Tiere zu schützen und zugleich alle Anforderungen an Arbeitssicherheit zu erfüllen. Hierzu zählten ausreichende Lichthelligkeit sowie ein möglichst kaltweißer Lichtton, um die Konzentration und Sicherheit der Mitarbeiter zu gewährleisten.

Mit Hilfe der Planungssoftware von TRILUX wurde die laut Arbeitsstättenrichtlinie geforderten sowie maximal auftretenden Beleuchtungsstärken in der Einflugschneise der Fledermäuse errechnet. Es wurde eine warmweiße Farbtemperatur ausgewählt, die alle Faktoren – Schutz der Fledermäuse, Arbeitssicherheit und Wirtschaftlichkeit – einbezog. Auf Basis aller relevanten Parameter legten die Lichtplaner von TRILUX die geeigneten Standorte für die Lichtmasten fest und ermittelten das beste Ergebnis per Software. Schließlich wurde durch Einsatz passender LED-Linsen gezielt die Lichtverteilung beeinflusst, darüber hinaus kamen Abblendbleche zum Einsatz. Wie bei vielen Kundenprojekten ging die Beratung auch hier weit über die bloße Lichtplanung hinaus: Per Software wurde die Errichtung einer fünf Meter hohen Sichtschutzwand simuliert, die hilft, die Tiere noch besser abzuschirmen.

Fazit: Das Wohl der Kunden und der Umwelt hat für TRILUX höchste Priorität und das unternehmerische Handeln wird seit jeher durch die Leitgedanken Sicherheit, Fürsorge und Umweltschutz bestimmt. Dafür forscht TRILUX permanent an der Weiterentwicklung der Leuchten, um so maximale Produktsicherheit und Umweltverträglichkeit zu garantieren.

LEITFADEN
NACHHALTIGER
UND ÖKOLOGISCHER
AUSSENBELEUCHTUNG

3 ÖKONOMISCHE
NACHHALTIGKEIT



3 ÖKONOMISCHE NACHHALTIGKEIT

Themenfelder: Außenbeleuchtung als Voraussetzung ökonomischer Wertschöpfung in der 24/7-Gesellschaft | Sicherheit dank Außenbeleuchtung | Leuchten im Kontext der Smart City



Licht für die 24/7-Gesellschaft

Fragt man nach der ökonomischen Nachhaltigkeit von Außenbeleuchtung, gibt es einen ganz grundlegenden Zusammenhang: Licht ist Voraussetzung ökonomischer Wertschöpfung in der 24/7-Gesellschaft, denn künstliches Licht ermöglicht die Ausübung von Handel, Gewerbe und Transport auch nach Einbruch der Dunkelheit.

Beleuchtete Verkehrswege haben letztlich förderlichen Einfluss auf alle Lebensbereiche. Sie ermöglichen unter anderem Zugang zu Bildung, Gesundheitsversorgung, Kultur und Sport auch wenn es draußen dunkel ist.

Sicherheit auf Straßen, Wegen und Plätzen

Beleuchtete Straßen, Wege und Plätze erhöhen zudem die Verkehrssicherheit, vermiedene Unfälle bedeuten auch vermiedenen wirtschaftliche Schäden und Verluste.

Technologiebedingte Vorteile

Die beiden o.g. Tatsachen gelten technologieübergreifend für sämtliche Arten von Beleuchtungen. Welche Vorteile bieten aber speziell LED-Leuchten hinsichtlich ökonomischer Nachhaltigkeit? Wie also sorgen sie im Vergleich zu konventionellen Lichtlösungen für mehr Kostenersparnis, Effizienz, Werterhalt und Investitionssicherheit?

Als entscheidende Vorteile sind hier zu nennen:

- Energieeffizienz/hohe Lichtausbeute
- Lange Lebensdauer
- niedrige Wartungskosten
- gute Ansteuerbarkeit
- gute Lichtlenkung
- kleine Bauform

In Kapitel 2.2 werden diese Aspekte ausführlicher erläutert (ab Seite 9).



LED-Leuchten als Voraussetzung für die Digitalisierung des Lichts

Mit dem Einzug der LED-Technik in die Lichtanwendung ist aber nicht einfach nur ein leistungsfähigeres Leuchtmittel gefunden worden. Die Technologie hat auch einen grundlegenden Paradigmenwechsel initiiert, denn sie ist Voraussetzung für die Digitalisierung des Lichts. Leuchten können heute miteinander vernetzt werden und im Netzwerk miteinander und mit anderer Hard- und Software kommunizieren. Solcherart vernetzte, intelligente Beleuchtung bietet ökonomische Vorteile und eröffnet neue Optionen für eine nachhaltige Wirtschaft.

Vorteile beim Betrieb der Straßenbeleuchtung

Über ein digitales Lichtmanagement verbundene Leuchten erschließen viele wirtschaftliche Vorteile im Betrieb der Beleuchtungsanlage. Neben dem bedarfsgerechten Dimmen und Schalten und somit Energieeinsparungen eröffnen auch andere Aspekte spürbare Kostenreduktion. **Siehe dazu Kapitel 2.4, Abschnitt „Lichtmanagement: Licht nach Bedarf“ (Seite 16).**

LED-Leuchten im Kontext der Smart City

Moderne LED-Lichtlösungen gehen aber noch einen Schritt weiter und schaffen Schnittstellen zu Anwendungen, die über die Beleuchtungsfunktion weit hinausgehen. Solche Leuchten und Leuchten-Netzwerke sind die Basis für Smart-City-Anwendungen, die einen entscheidenden Beitrag für ein ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltiges Leben in der Stadt ermöglichen. Sie können helfen, Verkehrs-, Luft- und Abfallprobleme zu lösen und Städte auf dem Weg von der Smart-City zur Green City unterstützen. Da Leuchten in einem mehr oder weniger gleichmäßigen Raster über die Stadt verteilt sind und per se eine Stromversorgung mitbringen, sind sie für unterschiedlichste Aufgaben in der Smart City prädestiniert. Bereits heute fungieren LED-Leuchten als Ladestation für E-Mobilität, erfassen über Sensoren Umwelt- und Verkehrsdaten, integrieren Kameras oder Kommunikationsmodule (z.B. WLAN, Mobilfunk) sowie Hardware für das Parkplatzmanagement und Verkehrsleitsysteme.

Praxisbeispiel: Wenn Licht Laufen lernt – Ludwigsburg, Deutschland

Ludwigsburg setzt auf intelligente Systeme von TRILUX mit beeindruckender Effizienz

Volle Power oder stockdunkel, Licht an oder aus. Ein unbefriedigender Zustand, der Ludwigsburg bei der Beleuchtung eines kombinierten Fuß-Radwegs einiges Kopfzerbrechen bereitet. Zum einen wollte man dem Energiehunger der alten Anlage Einhalt gebieten, zum anderen das Sicherheitsgefühl der Nutzer stärken.

Am Ende setzte man auf eine intelligente Wegebeleuchtung von TRILUX und unternahm damit einen weiteren Schritt in Richtung Smart City. Denn das System überzeugt mit Licht, das einem immer einen Schritt voraus ist. Wortwörtlich.

Auf dem knapp 800 Meter langen Weg, der zwei Stadtteile der Kreisstadt miteinander verbindet, gibt es zukünftig „light on demand“. Ausgestattet mit einer GPS-Box, Lichtmanagementsystem, Funkantenne, Funkcontroller sowie Bewegungssensoren sorgen 23 Convia-LED-Leuchten von TRILUX dafür, dass immer dann, wenn es benötigt wird, bedarfsgerechtes Licht zur Verfügung steht. Im Abstand von ca. 30 Metern steht jeweils eine der hochmodernen Mastaufsatzleuchten.

In der Zeit von der abendlichen Dämmerung bis zum Sonnenaufgang wird die Anlage mit zehn Prozent ihrer maximalen Leistung gefahren. In den weniger frequentierten Nachtstunden zwischen 23 und 5 Uhr liegt die Lichtleistung bei nahezu null Prozent. Gerät ein Fußgänger oder Radfahrer in den Erfassungsbereich der Sensoren – egal wann – lernt das Licht das Laufen.

Und das funktioniert im Detail so: Detektiert eine der Leuchten einen Passanten, erhöht der Lichtpunkt die Leistung auf 90 Prozent. Gleichzeitig kommuniziert die Leuchte mit den „Nachbarn“.

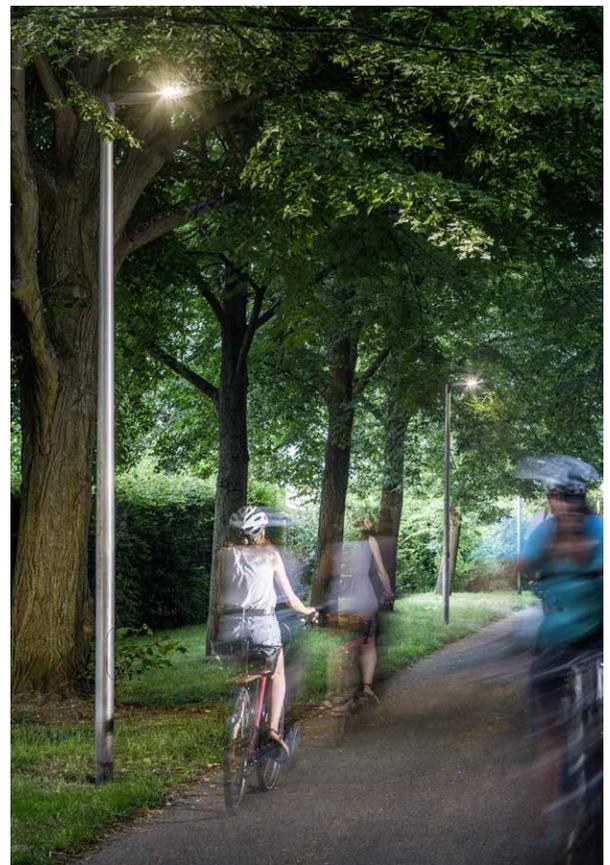
Jeweils zwei Leuchten, die vor und hinter der impulsgebenden Leuchte stehen, schalten sich dadurch ein und sorgen für eine optimale Beleuchtungssituation. Da jede einzelne Convia über diese Sensoren und die Fähigkeit zur Kommunikation verfügt, setzt sich das mitlaufende (oder mitfahrende) Licht bedarfsgerecht fort. Eine Minute nach Verlassen des Erfassungsbereichs geht die Leuchte dann wieder zurück auf die uhrzeitabhängige Ausgangskonfiguration. Energiesparen, wie es kaum besser sein kann.

Die Anlage in Ludwigsburg ist aber auch ein effizienter Weg, dem Sicherheitsbedürfnis der Bevölkerung gerecht zu werden. Eine Beleuchtung, die einen auf Schritt und Tritt begleitet, ist ein probates Mittel im Kampf gegen das mulmige Gefühl, das auf dunklen, abseits gelegenen Wegstrecken entstehen kann. Bürger wissen das zu schätzen.

„Wir schaffen einen optimalen Ausgleich zwischen den Sicherheitsaspekten und dem Anspruch auf höchstmögliche Effizienz“, erklärt Stefan Metzner, Leiter der Division Außenleuchten bei TRILUX. „Der Gedanke, Licht ausschließlich im Augenblick des unmittelbaren Bedarfs zu nutzen, wurde bei dem Ludwigsburger Projekt konsequent zu Ende gedacht.“ Die Effizienzberechnungen bestätigen dies: Das neue System spart gegenüber dem alten bis zu 85 Prozent Energie ein.



www.youtube.com/watch?v=ZAbd70kFJ1U&t=3s



LEITFADEN
NACHHALTIGER
UND ÖKOLOGISCHER
AUSSENBELEUCHTUNG

4 SOZIALE NACHHALTIGKEIT



Abgrenzung

So wie es viele Definitionen für den Nachhaltigkeitsbegriff insgesamt gibt, existieren auch viele Betrachtungsweisen und Versuche der Begriffsbestimmung für die soziale Nachhaltigkeit. Letztlich lassen sich alle Lebensbereiche einer Gesellschaft unter dem Blickwinkel sozialer Nachhaltigkeit betrachten und bewerten.

Beleuchtung sowie die Herstellung der dafür notwendigen Produkte haben auf all diese Bereiche immensen Einfluss. Wesentliche Stichworte sind hier gute Sehbedingungen, Sicherheit und somit mehr Lebensqualität. Da hier aber die soziale Nachhaltigkeit speziell von LED-Leuchten im Fokus steht, werden im Folgenden ausschließlich Themen betrachtet, bei denen die Anwendung der LED-Lichttechnik besondere Potenziale im Sinne sozialer Nachhaltigkeit bietet. Es geht also um Vorteile von LED-Außenleuchten, die andere Lichttechnologien nicht bieten.

Generell können LED-Leuchten alle in Kapitel 2.2 aufgeführten Vorteile auch zugunsten sozialer Nachhaltigkeit ausspielen.

Mit Lichtlenkung gegen Lichtemissionen

Die gezielte Lichtlenkung, die durch LEDs möglich wird, hat gleich mehrere Schnittstellen zum Thema soziale Nachhaltigkeit. Die Kombination der punktförmigen LED-Lichtquellen mit Linsen und Reflektoren, die das Licht präzise lenken und verteilen, reduziert wirksam Blendung und ungewollte Lichtstreuung. Die bessere Kontrolle über die Lichtverteilung verhindert beispielsweise bei der Straßenbeleuchtung und Architekturanstrahlung Streulicht in den Wohnräumen der Anwohner. Beeinträchtigungen ihres Wohlbefindens und der Schlafqualität werden vermieden.

Als „Lichtverschmutzung“ oder „Lichtsmog“ bezeichnete funktionsfreie Abstrahlungen verhindern teilweise auch den Blick auf den Sternenhimmel und bedeuten ganz allgemein einen Verlust der Nacht – sie beeinträchtigen also zwei Phänomene, die den Menschen im Laufe seiner Evolution tief geprägt haben, und die es zu bewahren gilt.



Gibt es keine ausgeprägten Hell- und Dunkelphasen im Wechsel von Tag und Nacht, kann das den Schlaf-Wach-Rhythmus von Menschen durcheinanderbringen. Negative Auswirkungen auf die Gesundheit sind möglich. Eine Minimierung der ungewollten Lichtemissionen, wie sie mit LED-Leuchten möglich ist, trägt also wesentlich zu einer lebenswerten Umgebung in der Stadt und auf dem Land bei.

Diverse Organisationen und Initiativen engagieren sich zu diesem Thema und verweisen auf die Bedeutung von maßvollem, präzise verteiltem Licht, das Abstrahlungen in Richtung Himmel konsequent vermeidet (Stichwort: Dark Sky).

Siehe hierzu auch Kapitel 2.4, Abschnitte: „Energieverschwendung durch Streuverluste“ (Seite 13) und „Keine Abstrahlung in den oberen Halbraum“ (Seite 15).

Bedarfsgerecht gesteuertes Licht

Unnötige Lichtemissionen lassen sich auch durch das bedarfsgerechte Schalten und Dimmen des Lichts vermeiden. Die LED mit ihrer guten Ansteuerbarkeit bietet hier ganz neue Möglichkeiten. So können Anwendungen, in denen bisher statisches Dauerlicht installiert war, obwohl die Bereiche im Verlaufe der Nacht sehr unterschiedlich stark oder nur sporadisch genutzt werden, auf eine moderne Lichtlösung mit am Bedarf orientierten Dimmlevels umgerüstet werden. Andererseits ist es auch möglich, selten genutzte Wege mit präsenzabhängig geschaltetem Licht auszustatten. Der Nutzerkomfort wird erhöht und Lichtemissionen und Energieverbrauch werden auf ein Minimum begrenzt.

Siehe hierzu auch Kapitel 2.4, Abschnitt „Lichtmanagement: Licht nach Bedarf“ (Seite 16).



Licht für netzferne Gegenden

Aufgrund der hohen Lichtausbeute lässt sich mit LED-Leuchten erstmals auch eine Außenbeleuchtung ohne Netzanschluss umsetzen. Die Kombination von Photovoltaik, Akkus und LEDs bringt Licht in Gegenden, in denen Außenbereiche bisher nach Einbruch der Dunkelheit nicht mehr genutzt werden konnten. Solche Lösungen eröffnen ganz neue Teilhabe an Wirtschaft, Bildung und Sport und können wichtige Katalysatoren des Gemeinwesens sein.

Licht für lebenswerte Städte

LED-Lichttechnik kann einen wichtigen Beitrag zu nachhaltiger Stadtentwicklung leisten. Die Kombination aus LED-Technik und digitaler Lichtsteuerung bietet eine interessante Hardwarebasis für die Integration weiterer Funktionen im Kontext der Smart City. Das schafft Möglichkeiten, Städte ökologischer, komfortabler und sozial inklusiver zu gestalten.

Siehe hierzu auch Kapitel 2.4, Abschnitt „Leuchten in der Smart City“ (Seite 16).

LEITFADEN
NACHHALTIGER
UND ÖKOLOGISCHER
AUSSENBELEUCHTUNG

5 GESETZLICHE VORGABEN
UND REGELUNGEN
IN DEUTSCHLAND



Welch enorme Aufmerksamkeit das Thema Lichtverschmutzung in der Öffentlichkeit erfährt, wird an nicht wenigen gerichtlichen Auseinandersetzungen in dieser Sache deutlich. Ausgangspunkt in den dokumentierten Fällen der Rechtsprechung sind in der Regel Anwohner, die sich von Lichtimmissionen in ihren Wohnräumen gestört fühlen. In letzter Zeit nimmt aber auch die Sensibilität für den Zusammenhang zwischen Lichtverschmutzung und Artenschutz zu. Bestes Beispiel dafür ist das „Gesetz gegen Lichtverschmutzung“, welches die Regierung des Freistaates Bayern im August 2019 verabschiedet hat. Ausgangspunkt dieses neuen Gesetzes war das Volksbegehren „Artenvielfalt und Naturschönheit in Bayern – Rettet die Bienen!“.

Welche wesentlichen gesetzlichen Vorgaben gibt es aber nun bezüglich Straßenbeleuchtung und Lichtverschmutzung? Um es gleich vorweg zu schicken: Das bayerische „Gesetz gegen Lichtverschmutzung“ ist bundesweit das einzige, das auf Artenschutz abhebt. Hier heißt es explizit: „Eingriffe in die Insektenfauna durch künstliche Beleuchtung im Außenbereich sind zu vermeiden.“ Die konkreten Vorgaben beziehen sich aber nicht auf die Straßenbeleuchtung, sondern auf beleuchtete Fassaden und Lichtwerbeanlagen, die – bis auf einige Ausnahmen – ab 23:00 Uhr abgeschaltet werden müssen.

Auch vom Bundesimmissionsschutzgesetz (BlmschG) ist die Straßenbeleuchtung nicht betroffen, denn „Anlagen zur Beleuchtung des öffentlichen Straßenraumes, Beleuchtungsanlagen von Kraftfahrzeugen oder dem Verkehr zuzuordnende Signalleuchten“ sind von ihm ausgenommen. Alle anderen künstliches Licht emittierenden Anlagen aller Art erfasst es allerdings. Kommen LED-Außenleuchten also zum Beispiel in Industrie und Gewerbe oder der bei der Sportstättenbeleuchtung zum Einsatz, dann greift das BlmschG. Das Gesetz selbst macht allerdings keine Angaben zu Grenzwerten. Den Begriff der „schädlichen Umwelteinwirkung« im Sinne des § 1 Abs. 1 BlmSchG füllt die „Richtlinie zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen“ des Länderausschuss für Immissionen mit Leben.

Die „Richtlinie zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen“ (Licht-Richtlinie) gibt allerdings in der Tat nur Hinweise, sie selbst entfaltet keine direkte rechtliche Bindung. Sie kann allerdings als allgemein anerkannter sachverständiger Überblick über den Stand der Technik herangezogen werden. In Nordrhein-Westfalen wurde die Richtlinie in Form eines „Licht-Erlasses“ als verbindlich für die Verwaltung erklärt. In Brandenburg gilt seit 2014 die Licht-Leitlinie des Ministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, die von den zuständigen Immissionsschutz-Behörden beim Vollzug des BlmSchG und des Landesimmissionsschutzgesetzes (LlmschG) zu beachten ist.

Neben Erläuterungen zur Ermittlung und Bewertung von Raumaufhellung und Blendung gibt die Licht-Richtlinie in ihrem Anhang übrigens auch Hinweise über die schädlichen Einwirkungen von Beleuchtungsanlagen auf Tiere, insbesondere auf Vögel und Insekten, und macht Vorschläge zu deren Minderung.

Und wie schützt der Gesetzgeber nun Anwohner vor einem Zuviel an Straßenbeleuchtung in ihren Wohnungen? Es gibt dazu keine allgemein verbindliche Aussage, aber in der Rechtsprechung werden oft Ansprüche aus dem BGB angeführt, so zum Beispiel aus § 1004 (1) Beseitigungs- und Unterlassungsanspruch und § 906 (1) Zuführung unwägbarer Stoffe.

