



Ratgeber

Effiziente Strassenbeleuchtung

Empfehlungen für Gemeindebehörden
und Beleuchtungsbetreiber

- **Aufgaben der Strassenbeleuchtung**
- **Planen mit LED**
- **Steuerung und optimaler Betrieb**
- **Wartung und Unterhalt**
- **Unerwünschte Lichtemissionen**

Editorial

Strassenbeleuchtung beschäftigt sowohl Gemeinden als auch die Öffentlichkeit. Die Beleuchtung sorgt dafür, dass sich Verkehrsteilnehmer auch bei schlechten Lichtverhältnissen sicher bewegen können – und sie prägt optisch das Strassenbild. Eine gute Strassenbeleuchtung soll aber nicht nur funktional, sondern auch energieeffizient sein.

Aus diesem Grund fanden sich im Jahr 2007 Mitarbeiter von Elektrizitätswerken und weitere Fachleute in einer Arbeitsgruppe unter der Leitung der Schweizerischen Agentur für Energieeffizienz S.A.F.E. zusammen, um über Strassenbeleuchtung zu diskutieren. Ziel war, die wichtigsten Kriterien für eine effiziente Beleuchtung zusammenzutragen und sie Gemeinden und Betreibern von Strassenbeleuchtungen in einer verständlichen

Art zur Verfügung zu stellen. Daraus ist eine Reihe von dreizehn Ratgebern entstanden, die auf topstreetlight.ch kostenlos zum Download bereitstehen. Sie sind zu beliebten Informationsquellen und Hilfsmitteln für Interessierte geworden.

Die Strassenbeleuchtung hat sich in den vergangenen Jahren rasant entwickelt: 2007 standen Natriumdampf-Hochdrucklampen, Effizienzsteigerungen durch elektronische Vorschaltgeräte oder Fragen zur optimalen Betriebsart im Zentrum. Als die ersten LED auf den Markt kamen, drehte sich alles um diese vielversprechende Technologie. Gerade am Anfang war es wichtig, Kriterien zu definieren, mit denen sich gute von schlechten Produkten unterscheiden liessen.

Bald brachten Bewegungsmelder den nächsten grossen Fortschritt. Richtig eingesetzt, sparen dynamische Beleuchtungssysteme, die erst einschalten, wenn sich Autos, Velos oder Fussgänger auf der Strasse bewegen, beinahe 90% gegenüber einer Anlage mit alter Lampentechnologie.

Die LED-Beleuchtungstechnik ist mittlerweile Standard und in Kombination mit innovativen Steuerungen existieren vielfältige Möglichkeiten – einer Modernisierung der Strassenbeleuchtung steht nichts mehr im Weg. Der vorliegende Ratgeber fasst die wichtigsten Grundsätze und Erkenntnisse der letzten Jahre zusammen.

Giuseppina Togni, S.A.F.E., Leiterin der Arbeitsgruppe

Inhaltsverzeichnis

Aufgaben der Strassenbeleuchtung	3
Strassenbeleuchtung planen	4
6 Schritte zur effizienten Beleuchtung	5
Planen mit LED	6
Steuerung	9
Betrieb der Anlage	10
Dynamische Steuerung	11
Energie	12
Wartung und Unterhalt	13
Unerwünschte Lichtemissionen	14
Die Arbeitsgruppe	16

Eine der ersten LED-Leuchten in Lausanne (2012).
Foto: Arno Murit



Aufgaben der Strassenbeleuchtung

Eine Strassenbeleuchtung verbessert die Lebensqualität und die Sicherheit in der Nacht. Vor allem die schwächsten Verkehrsteilnehmer, Fussgänger und Velofahrer, sollen Gefahren erkennen und sich sicher fühlen. Die öffentliche Beleuchtung prägt das Ortsbild und verleiht ihm auch nachts eine Identität. Zudem muss eine Strassenbeleuchtung Kriterien der Energieeffizienz und der Ökologie erfüllen.

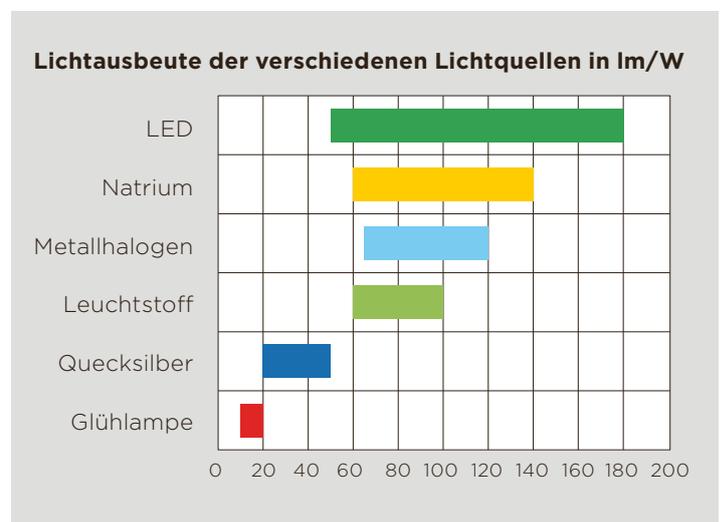
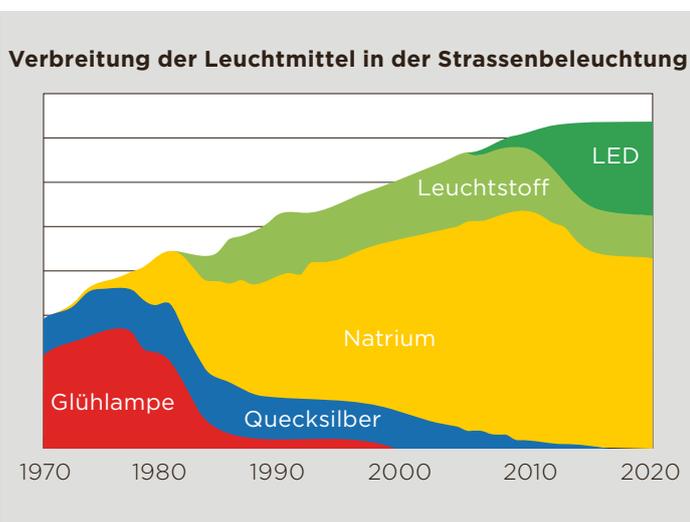
Die Effizienz hat sich in den letzten Jahren rapid entwickelt. 2010 bestand die effizienteste Strassenbeleuchtung noch aus Natriumdampf-Hochdrucklampen mit guten Reflektoren und elektronischen Vorschaltgeräten. Mit einer Nachtabsenkung wurde ihre Lichtintensität halbiert. Die Gesetzgebung beschränkte sich auf diese Kriterien: Es wurden minimale Lichtausbeuten für Entladungslampen definiert, die Quecksilberdampf-Hochdrucklampen verboten und die Leuchten mussten so konzipiert sein, dass elektronische Vorschaltgeräte darin Platz fanden. Heute werden LED-Leuchten eingesetzt. Sie haben eine hohe Lichtausbeute und eine lange Lebensdauer, sind dimmbar, lassen sich gut mit Bewegungsmeldern kombinieren und schalten ohne Anlaufzeit ein.

Schnelle Effizienzsteigerung

Obwohl in der Schweiz immer mehr Lichtpunkte installiert werden, sank der Energieverbrauch für Strassenbeleuchtung zwischen 2010 und 2020 um etwa 2% pro Jahr. Gründe für diese erfreuliche und schnelle Effizienzverbesserung sind:

- Effizientere Leuchten: Heute werden neue Strassenbeleuchtungen und Sanierungen fast ausschliesslich mit LED realisiert.
- Immer mehr Gemeinden dimmen nachts die Beleuchtung.
- Die Förderprogramme des Bundes (ProKilowatt) haben einen Sanierungsschub ausgelöst.

LED-Leuchten (linke Strassen-
seite) neben
Natriumdampf-
Hochdrucklampen
(rechts). Foto:
Jerry Gross



Strassenbeleuchtung planen

Der Energieverbrauch einer Strassenbeleuchtung ist von ihren installierten Komponenten und der Betriebsart abhängig. LED und Nachtabsenkung allein garantieren noch keine optimale Beleuchtung. Diese muss korrekt ausgelegt sein, um Überdimensionierung, ungleichmässige Lichtverteilung auf der Fahrbahn, unnötige Emissionen und Blendung zu vermeiden. Auch das Betriebsregime muss auf die Situation abgestimmt sein.

Beleuchtungskonzept als Grundlage

Um alle Faktoren konsequent richtig umzusetzen, sollte eine Gemeinde ein Beleuchtungskonzept erarbeiten. Es umfasst die wichtigsten Grundsätze, zum Beispiel, welche Strassenabschnitte nicht beleuchtet werden und wo die Beleuchtungsstärke – entspre-

chend dem Sicherheitsbedürfnis der Bevölkerung – in der Nacht angepasst werden kann. Das Konzept bildet auch die Grundlage für die Ausschreibung einer Anlage und gibt dem Planer die nötigen Vorgaben. Bei der Erarbeitung des Beleuchtungskonzepts kann untenstehender Fragenkatalog hilfreich sein.

Normen und Richtlinien

Die Norm SN EN 13201 «Strassenbeleuchtung» regelt die Planung und Auslegung der öffentlichen Beleuchtung. Sie ist in fünf Teile gegliedert und will die technischen Anforderungen gesamteuropäisch auf ein gemeinsames Niveau bringen und vereinheitlichen. In der Schweiz wird diese Norm durch die Richtlinie SLG 202 «Öffentliche Beleuchtung: Strassenbeleuchtung» ergänzt und präzisiert.

Fragenkatalog zum Beleuchtungskonzept

Qualität

- Wieso beleuchtet man?
- Wo sind die Schwerpunkte der Gemeinde hinsichtlich Sehkomfort, Energie, Gestaltung und Lichtemissionen?
- Wo werden Akzente gesetzt?
- Welche Farbtemperaturen werden an welchen Orten eingesetzt?
- Wo ist eine gute Farbwiedergabe wichtig?
- Mit welchen Grundsätzen werden die Anlagen saniert?

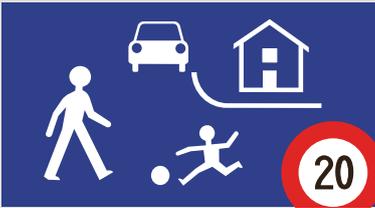
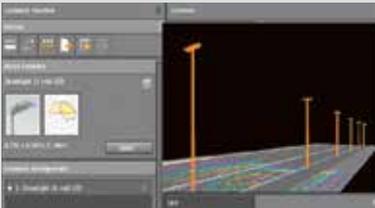
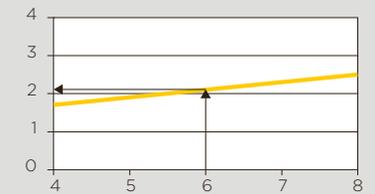
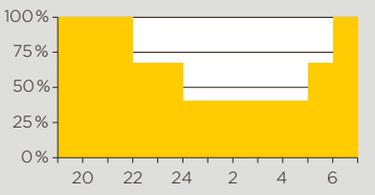
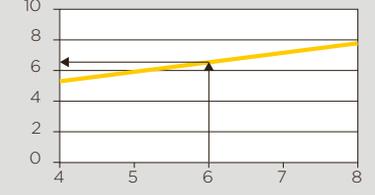
Beleuchtungsdauer

- Zu welchen Zeiten ist auf den Strassen nur eine geringe Aktivität?
- In welchen Gebieten kann die Beleuchtung in der Nacht reduziert werden?
- In welchen Gebieten kann die Beleuchtung ausgeschaltet werden?
- Für welche Gebiete eignen sich dynamische Steuerungen?



LED mit Radar als Bewegungsmelder.
Foto: Jerry Gross

6 Schritte zur effizienten Beleuchtung

1. Bedarf ermitteln		
	<p>Ist eine Strassenbeleuchtung wirklich nötig?</p>	<p>Ausserorts sind Beleuchtungen oft unnötig. Zuständig: Behörde</p>
2. Klassifizierung der Strasse		
	<p>Analyse der Parameter, um die Beleuchtungsklasse zuzuweisen.</p>	<p>Parameter: Verkehrsfluss, Zusammensetzung der Verkehrsteilnehmer, Geschwindigkeit, Konfliktzonen etc. Zuständig: Fachplaner</p>
3. Auslegung		
	<p>Berechnung zur Auslegung der Beleuchtung.</p>	<p>Vergleich der Leuchten und ihrer Lichtverteilungskurve. Resultat: Lichtvorgaben und elektrische Leistung. Zuständig: Fachplaner</p>
4. Leistungsgrenzwert		
	<p>Überprüfen der Leistung aus Punkt 3.</p>	<p>Sie sollte unterhalb des Grenzwertes liegen. Wenn nicht, begründen oder neu berechnen. Zuständig: Fachplaner</p>
5. Betriebszeiten		
	<p>Bestimmung des optimalen Betriebs aufgrund des Verkehrsaufkommens.</p>	<p>Das Betriebsregime beeinflusst den künftigen Energieverbrauch wesentlich. Zuständig: Behörde + Fachplaner</p>
6. Energie		
	<p>Mit der Leistung (4.) und dem Betrieb (5.) lässt sich der Energieverbrauch voraussagen.</p>	<p>Er sollte unter dem Grenzwert liegen, ausser in begründeten Fällen, z.B. wenn das Betriebskonzept aus Sicherheitsgründen keine Nachtabsenkung zulässt. Zuständig: Behörde + Fachplaner</p>

Planen mit LED

Heutzutage wird bei neuen Strassenbeleuchtungen und bei der Erneuerung bestehender Installationen auf LED-Leuchten gesetzt, weil sie anderen Lampentechnologien überlegen sind. Mit LED ist die Planung präziser geworden: Die Beleuchtungsstärke ist stufenlos regulierbar, es gibt zahlreiche Lichtverteilungsmöglichkeiten und diverse Farbtemperaturen. Weitere Vorteile sind:

- Hohe Lichtausbeute
- Lange Lebensdauer
- Weisses Licht, gute Farbwiedergabe
- Gerichtetes Licht mit guter Lichtlenkung und wenig Streuverlusten
- Sofortiges Einschalten
- Dimmbar, steuerbar, schaltfest

Planer beiziehen

Steuerung, Schnittstellen und Kommunikation zwischen den Komponenten einer LED-Beleuchtung sind anspruchsvoll. Der Einbezug eines Beleuchtungsplaners ist unerlässlich. Richtig geplant, nimmt die Beleuchtungsqualität mit LED zu – bei tieferem

Energieverbrauch. Die sorgfältige Planung einer Strassenbeleuchtung ist von grosser Wichtigkeit. Dazu gehört das Festlegen der nötigen Beleuchtungsstärke, der Lichttemperatur und der Dimmprofile. Auch die Wahl geeigneter Komponenten ist zentral (siehe Checkliste Seite 8).

Anforderungen an LED-Leuchten

Lichtausbeute	> 120 lm/W
Farbwiedergabe	> 70
Lebensdauer	> 80 000 h
Zhaga-Zertifikat	erwünscht

Anforderungen an Betriebsgeräte

- Dimmparameter programmierbar
- DALI-Schnittstelle
- D4i-Zertifikat erwünscht
- Schutzmechanismen bei Kurzschluss, Überspannung, Überlast und Übertemperatur
- Lebensdauer > 80 000 h
- Garantie > 5 Jahre

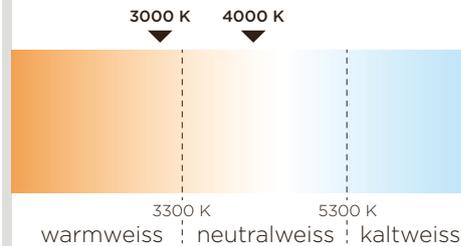


Die Planung einer LED-Beleuchtung ist anspruchsvoll.
Foto: Jerry Gross

Wichtige Begriffe

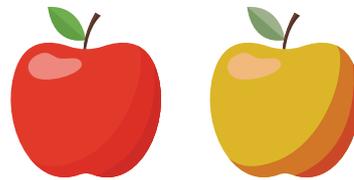
Lichtfarbe

LED sind in diversen Lichtfarben erhältlich. In der Strassenbeleuchtung haben sich Farbtemperaturen zwischen 3000 Kelvin (warmweiss) und 4000 Kelvin (neutralweiss) etabliert. LED sind umso energieeffizienter, je höher ihre Farbtemperatur ist.



Farbwiedergabe

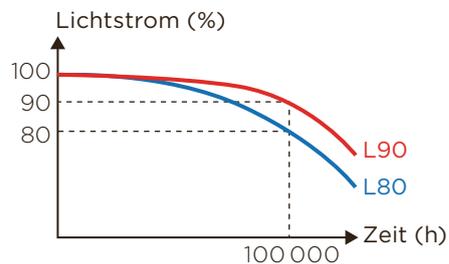
Mit dem Farbwiedergabe-Index (Ra) lässt sich einschätzen, wie originalgetreu die Leuchte die Farben wiedergibt. Der beste Wert ist Ra = 100. LED erreichen Werte zwischen 70 und 95. Im Aussenbereich verzichtet man zugunsten der Energieeffizienz auf hohe Ra-Werte.



Derselbe Apfel beleuchtet von LED mit verschiedenen Farbwiedergaben

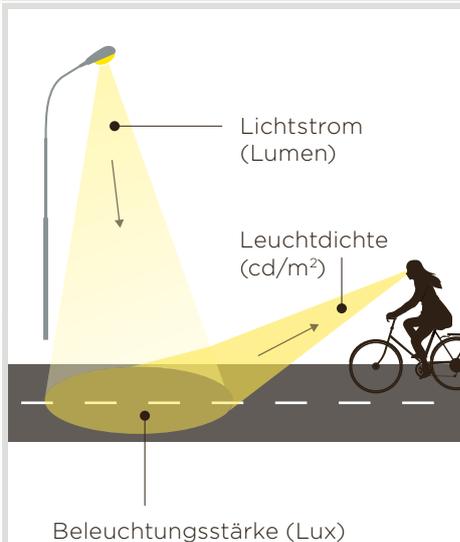
Lebensdauer und Lichtstromrückgang

Als Lebensdauer werden z. B. 100 000 Stunden angegeben. Das heisst nicht, dass die LED nach 100 000 Stunden nicht mehr brennt. Allerdings nimmt mit der Zeit ihr Lichtstrom ab und sie leuchtet weniger hell. Der Lichtstromrückgang wird mit dem L-Wert beschrieben. So bedeutet L80 100 000h, dass das LED-Modul nach 100 000 Betriebsstunden nur noch 80% des Anfangslichtstroms abgibt.



Leuchtdichte

Die Leuchtdichte ist eine wichtige Grösse für die Sehleistung und den Helligkeitseindruck und wird in Candela pro Quadratmeter (cd/m^2) angegeben. Eine gleichmässige Leuchtdichte hilft, Fahrzeuge, Personen und Gegenstände auf der Fahrbahn wahrzunehmen. Eine ungleichmässige Leuchtdichte kann hingegen gefährlich sein, weil das Auge sich nicht schnell genug anpasst.



Beleuchtungsstärke

Die Beleuchtungsstärke gibt an, wie viel Lichtstrom (Lumen) auf eine bestimmte Fläche trifft und wird in Lux angegeben. Die Beleuchtungsstärke gibt nicht den Helligkeitseindruck wieder, da dieser von den Eigenschaften des beleuchteten Objekts abhängt. Dunkle Strassen erscheinen bei gleicher Beleuchtungsstärke dunkler als helle Strassen.

LED-Checkliste für Gemeinden

Den Gemeinden wird vor der Wahl eines Produkts empfohlen, bei den Leuchtenlieferanten folgende Informationen einzuholen:

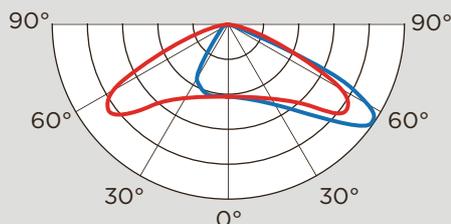
1. Leuchtendatenblatt

Folgendes sollte enthalten sein: elektrische Leistung, Lichtausbeute, Lichtfarbe, Schaltbarkeit und Regelbarkeit der Anlage, Lebensdauer, Montageanweisungen, Messzertifikat etc.

2. Lichtverteilkurve (LVK) in elektronischer Form

Die Lichtverteilung einer Leuchte hängt von den verwendeten Linsen und Reflektoren ab. Für eine genaue Modellierung der Lichtverteilung auf der Strasse und die Minimierung der Lichtimmissionen auf den angrenzenden Gebäuden ist die Lichtverteilkurve unerlässlich. Mit der LVK kann der Planer die relevanten Parameter wie beispielsweise die Höhe und den Abstand der Kandelaber sowie die Neigung des Leuchtenkopfs optimieren und die Auswirkungen auf private Grundstücke simulieren.

Beispiel Lichtverteilkurve einer Strassenleuchte



3. Klar definierte Garantie

Die übliche Garantiezzeit beträgt 5 bis 10 Jahre.

4. Modulare Komponente und Ersatzteile

Einzelne Komponenten (LED-Modul, Betriebsgerät und Steuerung) müssen austauschbar sein, ohne dass die ganze Leuchte ersetzt werden muss. Die Ersatzteile sollten 10 Jahre lang lieferbar sein.

5. Beratung und Referenzen des Lieferanten und des Planers

Die Wahl der Hersteller und Planer ist sehr wichtig. Sie müssen das Vertrauen der Auftraggeber genießen, Referenzen aufweisen und kompetent sein. Die Referenzobjekte sollten besichtigt werden. Wichtig ist die Beratung der Bauherrschaft durch eine unabhängige Fachperson und die Möglichkeit einer Bemusterung des Produkts.

Die Lichtverteilkurve bildet die Form der Lichtverteilung einer Leuchte in Längsrichtung (0°-180°) und Querrichtung (90°-270°) zur Fahrbahn ab. Die Abbildung zeigt die typische Lichtverteilung einer Strassenleuchte:

Rot: entlang der Fahrbahn, Lichtverteilung symmetrisch

Blau: quer zur Fahrbahn, Lichtverteilung asymmetrisch

Gesetze und Verordnungen

Die Lichtausbeute und die Wirkungsgrade der Lampen, Leuchten und Betriebsgeräte sowie weitere technische Eigenschaften werden durch die Energieeffizienzverordnung (EnEV) geregelt.

- Anhang 1.10 der Verordnung regelt die Anforderungen an Hochdruckentladungslampen und verbietet den Einsatz von Quecksilberdampf lampen.
- Die Anforderungen an die Energieeffizienz von LED-Lampen findet sich in Anhang 1.11 der Verordnung und nimmt Bezug auf die europäischen Verordnungen.

Steuerung

Das optimale Steuern der Strassenbeleuchtung ist wichtig, um das Licht zum richtigen Zeitpunkt und in der benötigten Intensität zur Verfügung zu stellen. Es wird zwischen Ein- und Ausschalten sowie Steuern unterschieden.

Ein- und Ausschalten

Zentrale Dämmerungsschalter schalten eine Strassenbeleuchtung am Abend automatisch ein und am Morgen wieder aus. Ein Sensor misst die natürliche Helligkeit und sendet das Signal zum Ein- oder Ausschalten, wenn ein bestimmter Sollwert über- oder unterschritten wird.

Dämmerungsschalter

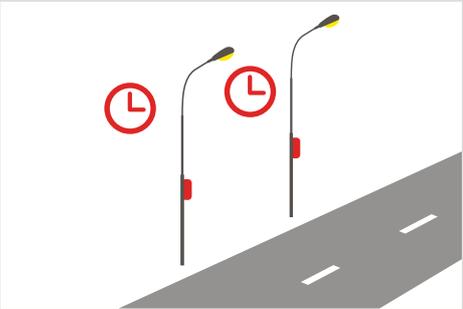
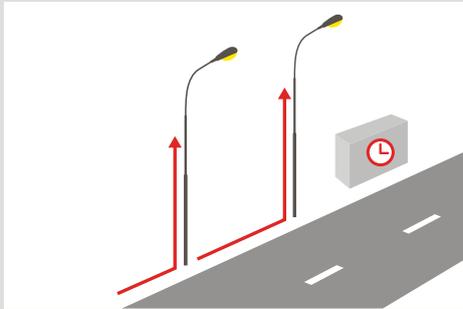
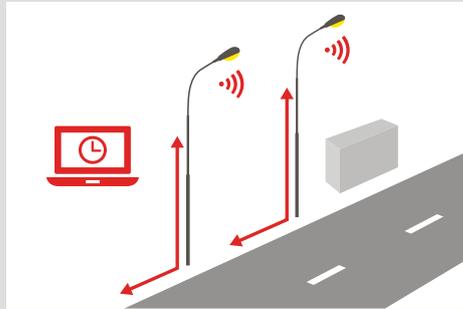
- Dämmerungsschalter werden an geeigneten Orten installiert – meist von den Netzbetreibern.
- Das Signal wird kleinen Elektrizitätswerken oder Gemeinden von den Netzbetreibern als Dienstleistung zur Verfügung gestellt.
- Dämmerungsschalter sind tagsüber gesperrt. Das verhindert, dass sich die Strassenbeleuchtung am Tag einschaltet.
- Mindestens einmal pro Jahr sind die Schalter zu kontrollieren und die Sensoren zu reinigen.
- Sollwerte für das Ein- und Ausschalten werden ausschliesslich durch das Fachpersonal verändert.

Steuersysteme

Mit intelligentem Licht-Management lässt sich eine effiziente, individuelle und bedarfsgerechte Beleuchtung von Strassen, Plätzen, Fussgängerzonen oder Parkanlagen realisieren. Um die Beleuchtung dem effektiven Bedarf anzupassen, werden die Betriebszeiten und die Intensität der Beleuchtungs-

stärke gesteuert. Bestimmte Systeme überwachen die Betriebszustände permanent und erfassen so laufend Informationen wie zum Beispiel defekte Lampen oder den Energieverbrauch der Anlage. Auch zu Steuerungen gibt es gültige Normen zu beachten.

Steuersysteme

1. Einzel: Autark	2. Gruppe: Zentral	3. Netz: Intelligent
		
<p>Das Betriebsgerät jeder Leuchte ist zeitabhängig programmiert. Die Zeitspannen und Sollwert-Einstellungen werden im Werk vorgenommen.</p>	<p>Die Steuerung schickt allen Leuchten im Strang das gleiche Signal, meistens über eine Steuerphase. Der Sollwert der Absenkung ist im Betriebsgerät jeder Leuchte programmiert, die Einstellung wird im Werk vorgenommen.</p>	<p>Die Leuchten können per PC individuell und in Gruppen programmiert und über Funk oder Powerline gesteuert werden. Es werden auch Informationen zurückgeschickt (z. B. Betriebsstunden oder Defekte).</p>
<p>Vorteile</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Günstige und einfache Lösung ■ Keine Steuerphase nötig 	<p>Vorteile</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Günstige Nutzung der bestehenden Infrastruktur ■ Änderungen sind einfach 	<p>Vorteile</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Jede Leuchte ist individuell programmierbar ■ Zusatznutzen wie automatische Energieablesung, Abrechnung oder Defektmeldungen
<p>Nachteile</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Die programmierten Zeiten sind nur ± 30 Minuten genau ■ Keine Differenzierung der Abschaltzeiten an Wochentagen und Wochenenden 	<p>Nachteile</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Es können nur ganze Gruppen gesteuert werden ■ Mit Steuerphase nur zweistufig möglich 	<p>Nachteile</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Hohe Kosten ■ Schulung für Anwender erforderlich

Betrieb der Anlage

Optimale Betriebszeiten

Die Betriebsart der Strassenbeleuchtung beeinflusst den Energieverbrauch sehr stark. Eine nicht geregelte Strassenbeleuchtung weist rund 4200 Betriebsstunden pro Jahr bei Volllast auf. Durch geschickte Steuerung und Reduktion des Lichtstroms in verkehrsschwachen Zeiten sinkt der Energiebedarf wesentlich (Tabelle unten). Die Profile 1 bis 4 können direkt im Vorschaltgerät (autark), mit einer Gruppenlösung oder mit einer intelligenten Steuerung programmiert werden. Für Profil 5 (dynamisch) sind Bewegungsmelder oder Verkehrszähler nötig. Erstere passen die Lichtintensität der einzelnen Leuchten kontinuierlich dem Verkehrsaufkommen an, letztere steuern die gesamte Anlage.

Dynamische Steuerung

Da LED-Leuchten sofort einschalten und einfach dimmbar sind, lassen sie sich gut mit verschiedenen Sensoren kombinieren. So werden dynamische Beleuchtungssysteme möglich, die erst einschalten, wenn sich Autos, Velos oder Fussgänger auf der Strasse bewegen. Ihr Einsatz ist aber nicht überall sinnvoll. Insbesondere dort nicht, wo das Licht zu oft ein- und ausgeschaltet wird, wie etwa auf Strassen mit hohem Verkehrsaufkommen. In solchen Situationen eignen sich Anlagen mit vorgegebenem Dimmprofil besser. Die Verwendung von Bewegungssensoren muss genau geplant

werden und eine Besichtigung vor Ort ist unerlässlich, da allfällige Hindernisse, die meistens nicht in den Plänen vermerkt sind, die Funktionsweise beeinträchtigen.

- Hindernisse am Strassenrand stören die Detektion und die Kommunikation über Funk (Mauern, Bäume etc.).
- Ausfahrten aus Garagen oder Privatstrassen zwischen zwei Detektoren werden nicht erfasst.
- Konfliktzonen wie Kreuzungen, Kreisel oder Fussgängerstreifen sind sorgfältig zu planen.
- Nähe zu Eisenbahn, Autobahn oder ähnlichem kann Interferenzen und Fehldetektionen auslösen.

Gebräuchliche Bewegungssensoren



Passiv-Infrarot Sensoren (PIR) reagieren auf kleine Veränderungen der Wärmestrahlung. Um Bewegungen zu erkennen, müssen die bewegten Objekte Wärme abstrahlen (Autos, Menschen, Tiere usw.).



Radar sind aktive Sensoren, die elektromagnetische Wellen senden. Diese werden von Objekten zurückreflektiert.

Trifft die Welle auf einen unbeweglichen Körper, wird sie mit derselben Frequenz reflektiert. Bewegt sich aber das Objekt, so ändert sich die Frequenz der zurückreflektierten Welle.

Betriebsarten

1. Ganznacht	2. Halbnacht	3. Ganznacht mit Nachtabsenkung	4. Ganznacht mit Dimmprofil	5. Dynamisch
Energieeinsparung: 0%	Energieeinsparung: ca. 45%	Energieeinsparung: bis 35%	Energieeinsparung: ca. 35%	Energieeinsparung: bis 70%
Die Beleuchtung brennt die ganze Nacht unverändert.	Nachtabschaltung z. B. zwischen 24.00 Uhr und 5.00 Uhr.	In der Nacht wird die Beleuchtungsstärke reduziert.	Die Reduktion erfolgt abhängig vom erwarteten Verkehrsaufkommen.	Mit Bewegungsmeldern: Betriebsstunden und Energieverbrauch vom Verkehr abhängig.

Dynamische Steuerung

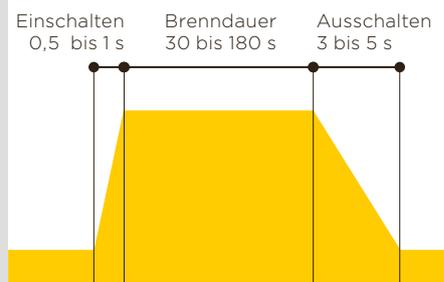
Wichtige Punkte bei einer dynamischen Steuerung

- Tiefere Lichtemissionen steigern Wohnkomfort und Energieeffizienz
- Die Investitionen sind höher als bei autonomen Beleuchtungen
- Erhöhte Anforderungen an Planung und Betrieb (Justierung und Reinigung des Sensors vor Ort)
- Geeignet an Orten mit wenig Verkehr in der Nacht. Bei viel Verkehr sind fest programmierte Nachtabsenkungen geeigneter
- Um die Anwohner nicht zu stören, soll das Licht sanft ein- und ausschalten

Sanftes Ein- und Ausschalten

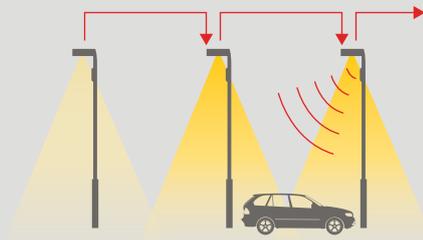
Anwohner können sich durch das plötzliche Ein- und Ausschalten des Lichts gestört fühlen. Deshalb müssen diese Vorgänge sanft erfolgen. Die gewählte Brenndauer hängt von der Art der Verkehrsteilnehmer ab. Benützen lediglich Autos die Strasse, so reichen kurze Brennzeiten (z. B. 30 s). Für Fussgänger muss das Licht länger eingeschaltet bleiben (bis zu 180 s).

Beispiel eines Schaltzyklus



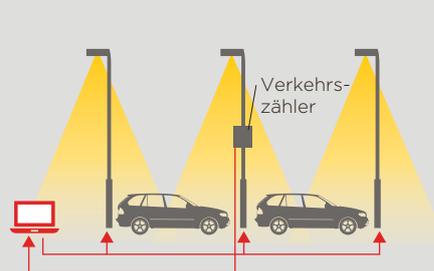
Dynamische Steuerung einer Strassenbeleuchtung

Mit Bewegungsmeldern



Der Sensor erkennt Verkehrsteilnehmer und schickt ein Einschaltsignal an die weiteren Leuchten, die nach einer bestimmten Zeit (z. B. 20 s) wieder auf reduzierte Beleuchtungsstärke schalten.

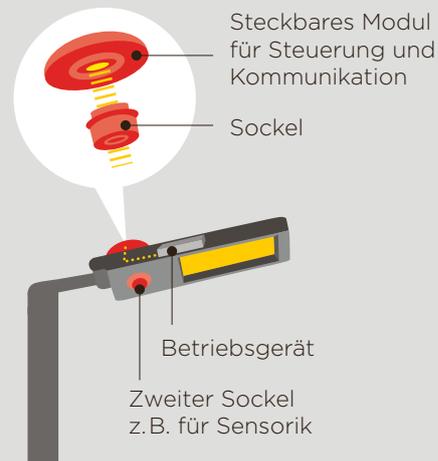
Mit Verkehrszähler



Der Verkehrszähler schickt an die Zentrale das Signal, wie viele Autos sich auf der Strasse befinden. Diese erhöht oder reduziert die Beleuchtungsstärke dementsprechend.

Standardisierte Schnittstellen

Die Allianzen Zhaga und DiiA haben die Schnittstellen zwischen Leuchte und externen Kommunikations-, Steuer- und Sensormodulen im ZD4i-Standard festgelegt. Es handelt sich um einen öffentlichen, herstellerunabhängigen Standard, der die mechanische (Zhaga Book 18) und elektronische Schnittstelle (DiiA: D4i) vereinheitlicht. Dadurch werden Leuchten von verschiedenen Anbietern mit den üblichen Vernetzungssystemen kompatibel. Solche Leuchten können auch nachträglich mit Kommunikationsmodulen ausgerüstet und nach Bedarf mit Sensoren bestückt werden.



Energie

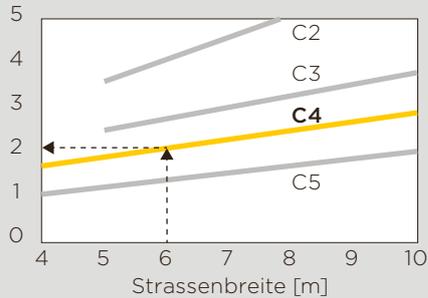
Die Energiestrategie 2050 des Bundes sieht vor, den Energieverbrauch in den nächsten Jahren deutlich zu senken. Kantone und Gemeinden haben dabei eine Vorbildfunktion inne. Bei ihrer Erfüllung spielt die Strassenbeleuchtung eine wichtige Rolle, obwohl sie «nur» rund 1,0% des Gesamtstromverbrauchs (ca. 100 Mio. Franken pro Jahr) ausmacht. Da die öffentliche Beleuchtung als Visitenkarte einer Gemeinde wahrgenommen wird, erwartet man bei vorbildlichen Gemeinden, dass sie auch in weniger sichtbaren Bereichen punkto Energieeffizienz gut abschneiden.

Trotz mehr installierten Lichtpunkten ist der Energieverbrauch für Strassenbeleuchtung in den letzten 10 Jahren kontinuierlich gesunken. Heute zählt man ungefähr 800 000 Leuchten (ohne Tunnelbeleuchtung) mit einem Verbrauch von etwa 500 Mio. kWh. Die Abnahme des Energieverbrauchs – hauptsächlich aufgrund neuer Technologien und modernen Betriebs – machte die Überarbeitung der SLG-Richtlinie zu den Energiegrenzwerten aus dem Jahr 2008 nötig. Seit 2018 legt das Kapitel 5 «Energieeffizienzindikatoren» der SLG-Richtlinie 202 die neuen Grenzwerte für Leistung und Energieverbrauch einer Beleuchtungsanlage in Abhängigkeit der Beleuchtungsklasse der Strasse fest. Die Grafiken rechts zeigen die maximalen Leistungs- beziehungsweise Energiegrenzwerte am Beispiel einer Sammelstrasse der Beleuchtungsklasse C4.

Anwendungsbeispiel SLG 202 für C-Klassen

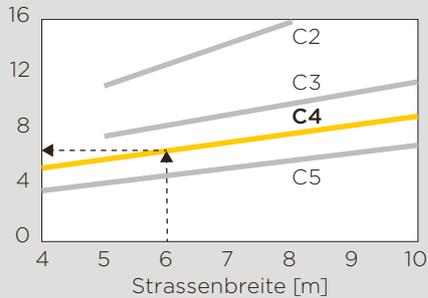
Leistungsgrenzwerte

in Watt pro m Strassenlänge



Energiegrenzwerte

in kWh pro Jahr und m Strassenlänge

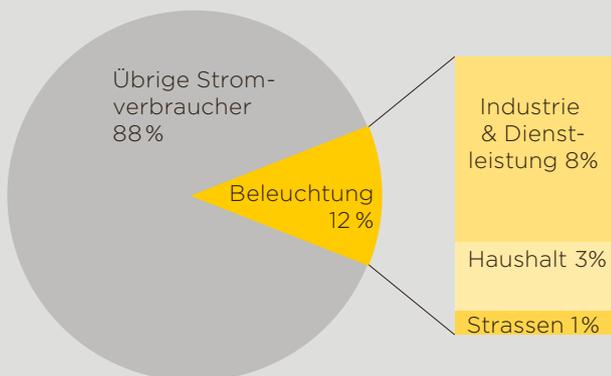


Ablesebeispiele

Leistung: Für eine Strasse mit Beleuchtungsklasse C4 und einer Breite von 6 m gibt die Grafik eine maximale elektrische Leistung von 2,1 Watt pro m respektive 2,1 kW pro km an.

Energieverbrauch: Für die gleiche Strasse beträgt der Grenzwert für den Elektrizitätsbedarf 6,5 kWh pro m und Jahr.

Anteil der Beleuchtung am Gesamtstromverbrauch



Beleuchtungsklassen (SN EN 13 201)

- **M-Klasse:** Verkehrswege für motorisierten Verkehr für mittlere bis höhere Geschwindigkeit, in der Regel $V > 40$ km/h. (M = motorized)
- **C-Klasse:** Strassen des motorisierten Verkehrs mit Konfliktzonen, wie Fussgängerstreifen, Einmündungen oder Kreisel. (C = conflict)
- **P-Klasse:** Verkehrsberuhigte Strassen ($V < 40$ km/h) mit Fussgängern oder Velofahrern. (P = pedestrians)

Wartung und Unterhalt

Ein systematischer Unterhalt beginnt bereits mit der Planung der Anlage. Die Investitionen in die Strassenbeleuchtung von heute beeinflussen die Kosten für den Unterhalt von morgen. So kann sich eine in der Anschaffung kostengünstige Leuchte in der Wartung als sehr teuer erweisen. Damit eine Strassenbeleuchtung störungsfrei und energieeffizient funktioniert, sind regelmässige Kontrollen, Reinigung und Wartung der Lichtpunkte unverzichtbar. Wartung und Unterhalt sind auch finanziell nicht zu vernachlässigen.

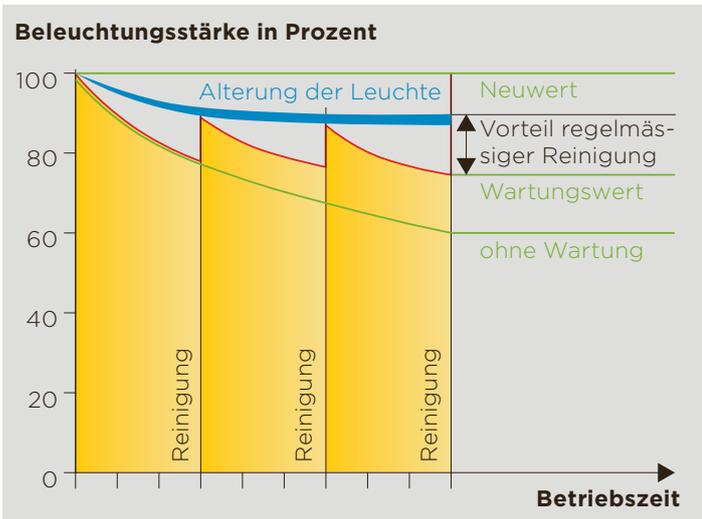
Je nach Lage verschmutzen Strassenleuchten mehr oder weniger rasch. Insekten verstärken diesen Effekt. Wuchernde Pflanzen, Baumkronen, Schmutz und Alterung der Leuchten beeinträchtigen häufig die Beleuchtungsqualität.

Die Grafik unten zeigt die Beleuchtungsstärke bezogen auf den Installationszeitpunkt (100%) und die Reinigungszyklen. Der Einfluss der Reinigung auf die Beleuchtungsstärke ist deutlich zu erkennen. Bei regel-

mässiger Reinigung können geringere Leistungen installiert werden, was dauerhaft Energie spart.



Einfluss der Reinigung auf die Beleuchtungsstärke.



Auch LED-Leuchten benötigen Reinigung und Unterhalt. Fotos: Arno Murit und Giuse Togni

Wartungsarbeiten und empfohlener Rhythmus	
Zurückschneiden von Bäumen und Sträuchern	nach Bedarf, in der Regel jährlich
Reinigung der Leuchten	nach Bedarf: 1 bis 5 Jahre
Ersatz von Entladungslampen	2 bis 10 Jahre
Ersatz von LED	15 bis 20 Jahre

Gesetzliche Grundlagen

Die ESTI-Weisung Nr. 244 «Kontrolle und Instandhaltung von Beleuchtungsanlagen für Strassen und öffentliche Plätze» regelt die Anforderungen an die elektrischen Installationen und die Sicherheit der öffentlichen Beleuchtung, wie zum Beispiel:

- Schutz gegen das Eindringen von Wasser in die Leuchte
- Widerstand der Leuchte gegen Windlast
- Anforderungen an die Glasabdeckung der Leuchte, um das Verletzungsrisiko zu minimieren
- Anbringen von Steckdosen an Kandelabern
- Anforderungen an die Inbetriebnahme
- Rhythmus und Inhalt der periodischen Kontrollen (nach SR 734.2)

Unerwünschte Lichtemissionen

Was ist Lichtverschmutzung?

Lichtverschmutzung bezeichnet die negativen Auswirkungen von künstlichem Licht auf die Umwelt. Darunter können Menschen und Tiere leiden.

Menschen

- Anstösser können sich durch die Abstrahlung von öffentlicher und privater Beleuchtung in ihre Wohnräume belästigt fühlen.
- Streulicht stört bei der Betrachtung des Nachthimmels.
- Die Gesellschaft stört sich zunehmend an der Verschwendung von Energie durch ineffiziente und falsch ausgelegte Leuchten.

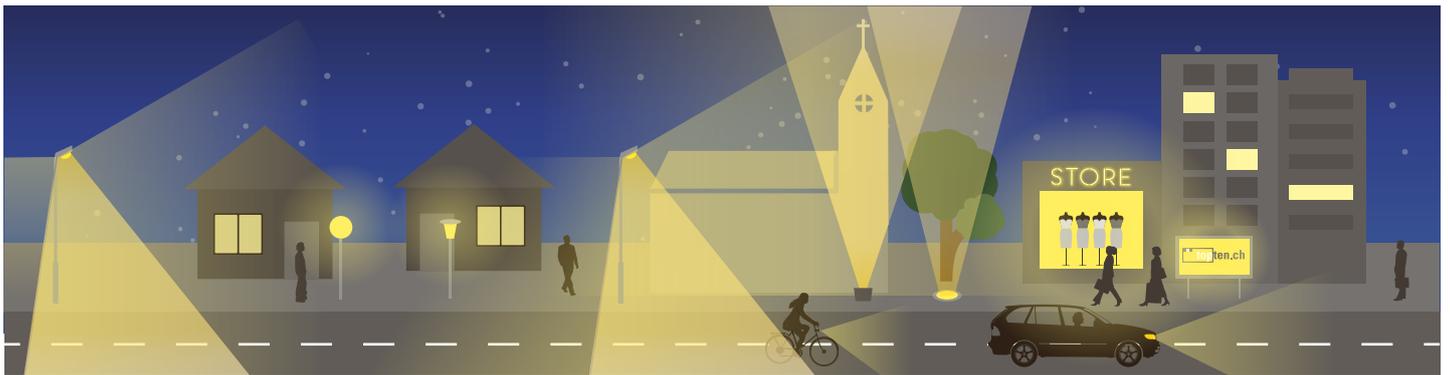
Tiere

- Insbesondere bei Nebel kann sich am Himmel eine leuchtende Decke bilden, die Zugvögel von ihrem Weg ablenkt.
- Zahlreiche Insekten werden von Leuchten angezogen und verlieren die Orientierung.
- Übermässig oder falsch eingesetztes Licht kann für gewisse Tiere ungünstig sein, insbesondere für solche, die nachtaktiv sind.
- Man vermutet, dass der höhere Blauanteil in weissem Licht ökologische Nachteile hat. Deshalb sollte man Leuchten mit tieferen Farbtemperaturen installieren.

Empfehlung

***Schaufenster und Leuchtreklame:** Zwischen 22 Uhr und 7 Uhr abschalten. Keine dynamischen Anlagen.
****Strassen:** Zwischen 22 Uhr und 5 Uhr reduzieren oder nach Mitternacht abschalten.

Unnötige Lichtemissionen



Geneigte Leuchten mit gewölbten Gläsern haben eine höhere Streuung

Pilz- und Kugelleuchten strahlen zur Seite, in den Himmel und blenden

Unruhiger Schlaf aufgrund unerwünschten Lichts im Schlafzimmer

Unpräzise und oft unnötige Gebäudeanleuchtung

Bodenstrahler erzeugen unnötiges Streulicht

Helle Werbetafel und Schaufenster stören und blenden

Optimierte Strasse



Leuchten bei verkehrsschwachen Strassen mit Bewegungsmeldern ausrüsten

Waagrecht montierte Leuchten. Nachtabsenkung oder Abschaltung vorsehen**

LED-Leuchten mit flachen Gläsern erzeugen wenig Streulicht. Kein störendes Licht im Schlafzimmer

Gebäudeanleuchtung wenn nötig immer von oben nach unten, nicht am Objekt vorbeistrahlen

Beleuchtungsstärke von Werbetafeln und Schaufenstern nach der Dämmung reduzieren*

LED und Lichtverschmutzung

Richtig eingesetzte LED-Leuchten können die Lichtverschmutzung reduzieren:

- Das gerichtete Licht von LED lässt sich sehr präzise auslegen, was zu weniger unerwünschtem Streulicht führt.
- LED-Licht lässt sich stufenlos dimmen. Dies erlaubt eine Reduktion der Beleuchtungsstärke in verkehrsschwachen Zeiten.
- Weisses LED-Licht ist frei von UV-Strahlung.

Unerwünschtes Licht vermeiden

Eine gut geplante und effiziente Beleuchtung vermeidet unnötige Lichtemissionen und spart zudem Energie und Kosten. Die Gemeinden sind angehalten, ein Beleuchtungskonzept zu erstellen, das folgende Optimierungsmöglichkeiten enthält.

- **Notwendigkeit:** Nicht jedes Gebiet muss beleuchtet werden. Strassen ausserorts beispielsweise benötigen oft keine Beleuchtung. Bei bestehenden Anlagen ist ein Rückbau zu prüfen.
- **Steuerung:** Die Strassenbeleuchtung lässt sich in verkehrsschwachen Zeiten reduzieren oder ganz ausschalten.

Systeme mit Bewegungsmeldern schalten das Licht nur bei Bedarf ein.

- **Intensität und Helligkeit:** Die gültigen Normen helfen, die Beleuchtung korrekt auszulegen. Überdimensionierungen sind zu vermeiden.
- **Lichtspektrum und Lichtfarbe:** Im Beleuchtungskonzept der Gemeinde wird festgelegt, wo welche Farbtemperatur zum Einsatz kommt. Üblich sind Lichtfarben zwischen 3000 K und 4000 K.
- **Auswahl und Platzierung der Leuchten:** Die Leuchten müssen geeignete technische Kriterien aufweisen (Lichtausbeute, Lichtfarbe, Lichtverteilung, keine Emissionen über den Horizont) und so platziert werden, dass das Licht gleichmässig auf die Strasse fällt und sie private Gärten und Fassaden möglichst nicht beleuchten.
- **Ausrichtung:** Die Leuchten sind so auszurichten, dass möglichst nur die gewünschte Fläche beleuchtet wird. Nach oben strahlende Leuchten sind zu vermeiden (z. B. Spots im Boden).
- **Abschirmungen:** In schwierigen Fällen können Abschirmungen helfen, unerwünschte Abstrahlungen zu reduzieren.



Blick von der Innerschweiz nach Zürich. Der dunkle Fleck unter dem Nebelmeer ist der Zugersee.
Foto: Alessandro della Bella

Die Arbeitsgruppe

Vor 13 Jahren taten sich Mitarbeiter von Elektrizitätswerken und weitere Fachleute in einer Arbeitsgruppe unter der Leitung der Schweizerischen Agentur für Energieeffizienz S.A.F.E. zusammen. An regelmässigen Treffen wurde engagiert über das Thema Strassenbeleuchtung diskutiert. Ziel war, die wichtigsten Kriterien für eine effiziente Beleuchtung zusammenzutragen und sie Gemeinden und Betreibern von Strassenbeleuchtungen in ei-

ner verständlichen Art zur Verfügung zu stellen.

Mit Unterstützung des Bundesamts für Energie verfasste die Expertengruppe seit 2007 jedes Jahr einen Ratgeber. Die ebenfalls jährlich stattfindende Fachtagung wurde für viele zum fixen Termin in der Agenda. Dabei war der informelle Austausch beim Apéro ebenso wichtig wie die Referate der Fachexpertinnen und Gemeindevertreter.



Von oben links nach rechts: Giuse Togni, S.A.F.E.; Thomas Blum, Thol Concept Sàrl; Urs Etter, SGSW; Jörg Haller, EKZ; Hervé Henchoz, SuisseEnergie pour les communes; Jörg Imfeld, Elektron; Dominique Ineichen, AIM; Olivier Pavesi, SIG; Martin Rölli, CKW; Christine Sidler, Faktor Journalisten AG

Impressum

Dieser Ratgeber wurde im Rahmen des Projektes «Effiziente Strassenbeleuchtung» von EnergieSchweiz und S.A.F.E. erarbeitet.

Projektleitung

Giuse Togni, S.A.F.E.

Redaktion und Gestaltung

Christine Sidler,
Faktor Journalisten AG

Titelbild

Jerry Gross

Download

www.topstreetlight.ch

www.topten.ch

www.slg.ch

