

Gezielte Qualitätssicherung bei der LED-Straßenbeleuchtung

Möglichkeiten der Effizienzsteigerung und Beleuchtungsoptimierung

Dipl.-Ing. Birgit Knott

hessen**ENERGIE**

Gesellschaft für
rationelle Energienutzung mbH

Lichttechnische Grundbegriffe

- **Lichtstrom Φ** in lm (Lumen)

Der Lichtstrom ist ein Maß für die gesamte von einer Lichtquelle abgegebene sichtbare Lichtmenge.

- **Lichtausbeute η** (Effizienz) in lm/W

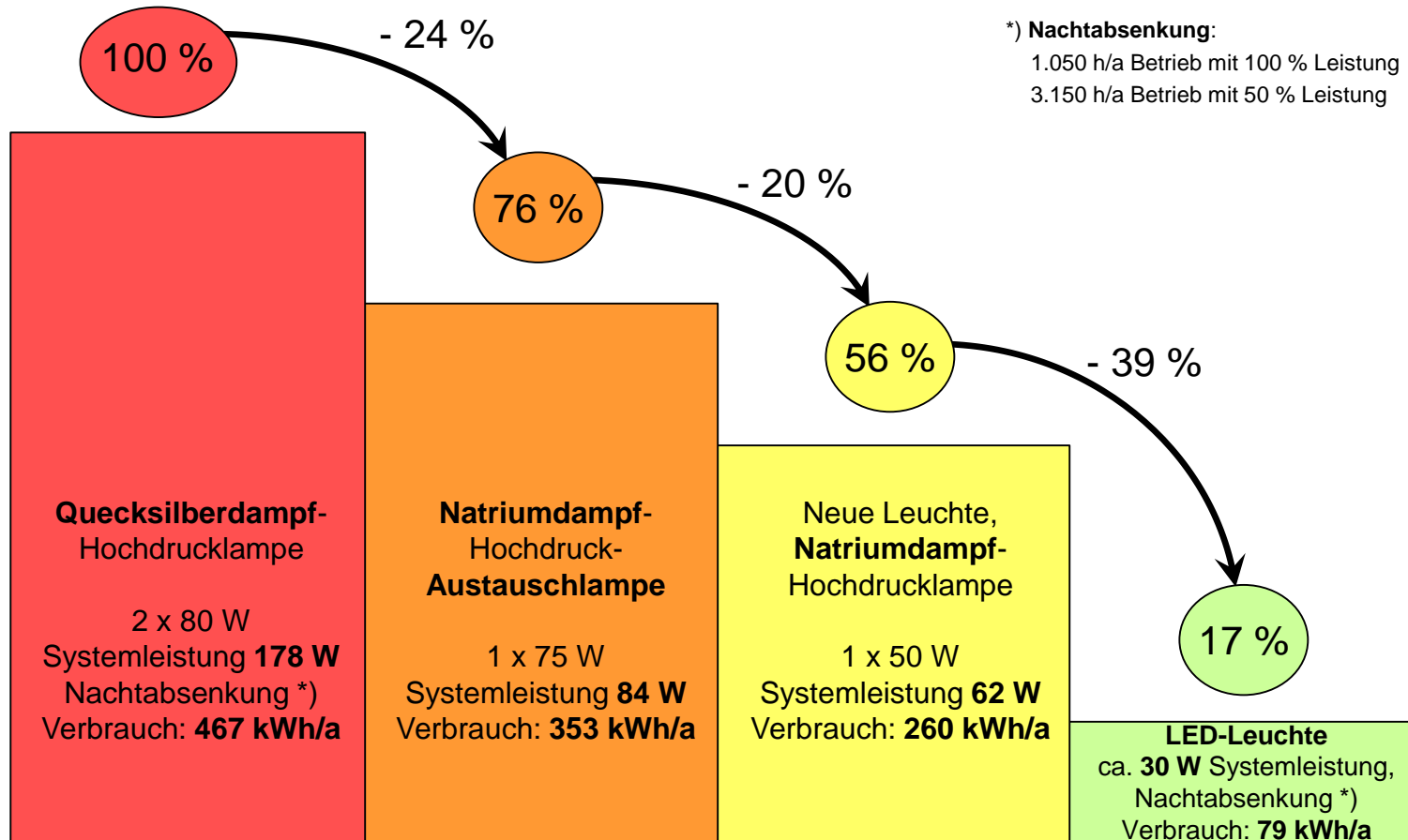
Die Lichtausbeute ist das Verhältnis des Lichtstroms zur elektrischen Leistungsaufnahme und damit ein Maß für die Wirtschaftlichkeit und Effizienz einer Lichtquelle. Unterschieden wird zwischen der Effizienz des Leuchtmittels und der System-Lichtausbeute der Leuchte, die Verluste berücksichtigt.

Leuchtmittel im Vergleich

Lampentyp	Lichtausbeute inkl. VG ca. [lm/W]	Lebens- dauer ca. [h]	Bemerkungen
Leuchtstofflampe (36 W, KVG)	70	24.000	
Natriumdampf- Hochdrucklampe (70 W)	70	28.000	teilweise Verbot seit 2015 („Retrofit“)
Quecksilberdampf- lampe (80 W)	45	20.000	Verbot gemäß EuP- Richtlinie seit 2015
LED (4.000 K)	bis zu 130 *)	100.000	

*) Systemlichtausbeute

Energiesparpotenziale in der Außenbeleuchtung



LED – das (Leucht-)Mittel der Wahl

Vorteile der LED-Beleuchtung gegenüber konventioneller Beleuchtung:

- Hohe **Effizienz** (abhängig insbes. von Farbtemperatur, Umgebungstemperatur, Betriebsstrom und Qualität der LED)
- Lange **Lebensdauer**
- Geringe **Wartungs- und Ersatzteilkosten** aufgrund der langen Lebensdauer
- Präzise, blendfreie **Lichtverteilung** mit entsprechenden Optiken
- Flexibilität bezüglich der **Farbtemperatur** bei sehr guter **Farbwiedergabe**
- **Verzögerungsfrei** ein- und ausschaltbar
- Stufenlos auf 0 % **dimmbar**
- **Konstantlichtstromregelung** möglich → keine anfängliche Überdimensionierung erforderlich, DIN-Wert wird konstant gehalten

→ **Diese Vorteile gilt es durch eine optimierte Planung auszunutzen**

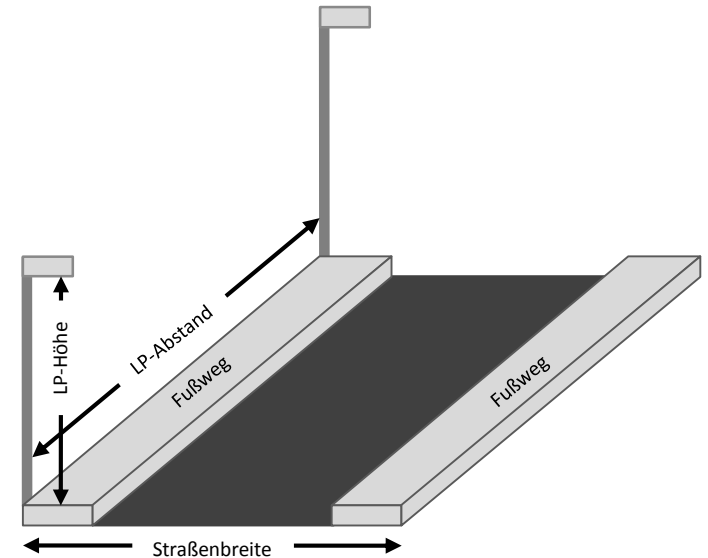
Modernisierung von Beleuchtungsanlagen mit LED

- Es steht **keine allgemeingültige „Optimallösung“** zur Verfügung – die jeweils optimale Lösung muss auf Basis einer qualifizierten lichttechnischen Planung identifiziert werden – insbesondere bei LED!
- Sinnvoll: **flächendeckende Umrüstung**, keine Step-by-Step-Modernisierung, um alle Vorteile nutzen zu können (lichttechnische Einheitlichkeit, Akzeptanz, identische Wartung etc.).
- Die höchsten Einsparungen sind mit einem **Leuchtentausch** in Kombination mit **Lichtmanagement-Systemen** zu erzielen.
- Einfache Lichtmanagement-Systeme: **Nachtabsenkung** des Beleuchtungsniveaus; komplexere Systeme: **flexible Steuerung** (abhängig von Tageszeit, Wetterlage oder Verkehrsaufkommen).
- Eine **Wirtschaftlichkeitsbetrachtung** unter Einbezug aller Kosten gewährleistet eine nachhaltige Entscheidung.

Eckpunkte der effizienten Beleuchtungsplanung I

Technische Grundlagen

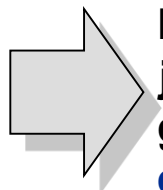
- Um **maximale Effizienz** zu erreichen, wird **jeder Lichtpunkt einzeln** betrachtet:
- Aufnahme aller **geometrischen Daten** vor Ort (LP-Höhe, Abstand zum nächsten LP, Straßenbreite auf der Höhe des jeweiligen LP)
 - Auf dieser Basis ist die Errichtung einer modernen Beleuchtungsanlage mit höchster Effizienz möglich
- Berücksichtigung des vorhandenen Leuchtentyps bei der Zuordnung der neuen LED-Leuchte
 - Erzielung eines **einheitlichen Erscheinungsbildes**, das besondere gestalterische Ansprüche berücksichtigt
- Zuordnung der Beleuchtungsklasse (S5, S4, ME6, ME5, teilweise ME4b) in Abstimmung mit der Kommune



Eckpunkte der effizienten Beleuchtungsplanung II

Durchführung der lichttechnischen Planung

- Die Wahl der Beleuchtungsklasse erfolgt gemäß DIN EN 13201:
 - **S5:** Verkehrsberuhigte Bereiche, Fußgängerzonen, Fuß-/Radwege, Parkplätze
 - **S4:** Nebenstraßen / Anwohnergebiete mit Maximalgeschwindigkeit 30 km/h
 - **ME6:** Nebenstraßen / Anwohnergebiete mit Maximalgeschwindigkeit 50 km/h
 - **ME5:** Durchgangsstraßen (Maximalgeschwindigkeit 50 km/h)
 - **ME4b:** Durchgangsstraßen (Maximalgeschwindigkeit 50 km/h) mit einem Verkehrsaufkommen > 7.000 Fahrzeuge pro Tag
- Auf dieser Grundlage erfolgt eine **normorientierte Auslegung** der neuen Beleuchtungsanlage, soweit die Vor-Ort-Bedingungen dies zulassen (abhängig u. a. von Verdeckung durch Blattwerk, Lichtpunktabständen und Masthöhen)

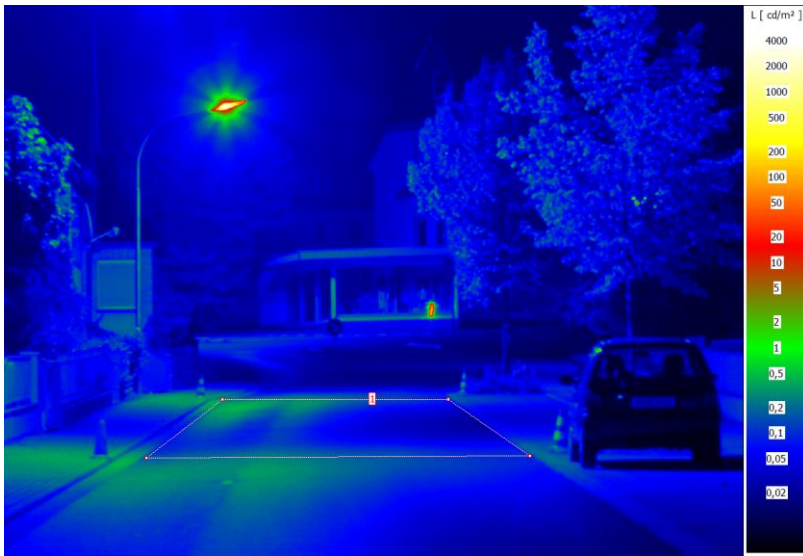


Die optimierte lichttechnische Planung umfasst eine Einzelbetrachtung jedes Lichtpunktes unter Berücksichtigung der aufgenommenen geometrischen Rahmenbedingungen und führt im Ergebnis zu einer deutlichen Steigerung der Lichtqualität und Effizienz.

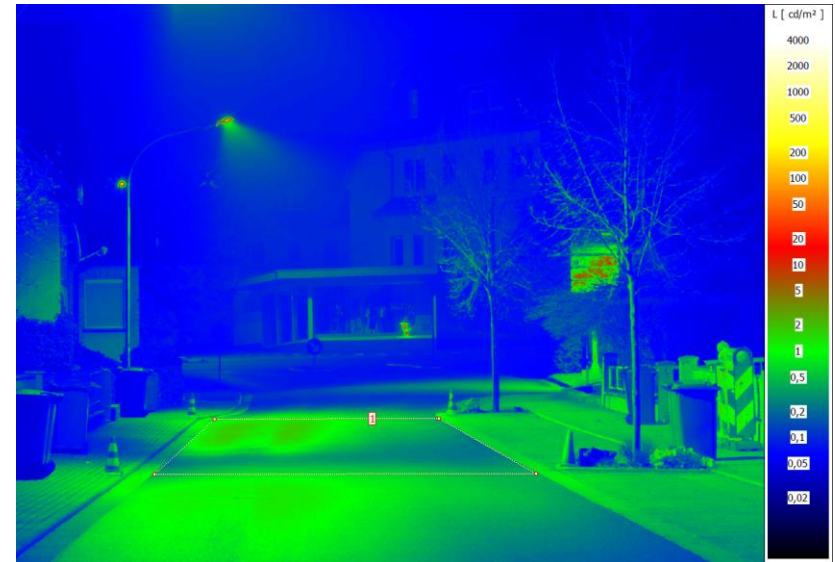
Praktische Vorteile der Umrüstung auf LED-Technologie

- Verbesserung der **Lichtqualität**
 - Einheitliche **Lichtfarbe** (zumeist ca. 4.000 K)
 - Einsatz von **Optiken** ermöglicht die gezielte Ausrichtung der Beleuchtung auf die Verkehrswege
- 
- konventionelle Beleuchtung
- 
- LED Beleuchtung
- Optimierung des durchschnittlichen **Beleuchtungsniveaus**
 - Keine merkliche Beeinflussung der Ausleuchtung bei Ausfall einzelner LEDs
 - Nächtliche **Absenkung** auf 50 % des Beleuchtungsniveaus
- Aufgrund der spektralen Zusammensetzung der Lichtfarbe höhere subjektive **Helligkeit** und **Sicherheit**
 - Einheitliches **Erscheinungsbild** durch Reduzierung der Leuchtenvielfalt

Falschfarbdarstellung LED-Strassenbeleuchtung



Straßenbeleuchtung konventionell



Straßenbeleuchtung LED

Quelle: Demonstrationsvorhaben „LED-Technologie im Bereich von Straßenbeleuchtungsanlagen“ des Landes Hessen (2011)

„Fahrplan“ zur Projektumsetzung

- Überprüfung des Datenbestandes
- Lichttechnische Grobplanung
- Ausschreibung der Leistungen
- Qualitätssicherung im Rahmen der Ausschreibung
- Lichttechnische Feinplanung
- Bestellung und Logistik
- Bauüberwachung und Bauabnahme

Überprüfung des Datenbestandes

- Überprüfung des vorliegenden **Datenbestandes** als Grundlage für die Ausschreibung
- Bedarfsweise Aktualisierung bzw. Aufstockung der Datengrundlage um folgende Angaben
 - **Leuchtenstandort**
 - **Leuchtentyp** (Kofferleuchte, Pilzleuchte, Bogenleuchte etc.)
 - **Bestückung** (z. B. 1 x 70 W NAV)
 - **Straßentyp / Beleuchtungsklasse** gemäß Norm (z. B. Nebenstraße / S4)
 - **Mastform** (Gerade / Peitsche / Bogen / Überspannung)
 - **Masthöhe**
 - **Straßenbreite** (einschl. Gehwege)
 - max. **Abstand** zum Nachbar-LP
 - Vorhandene Mast- bzw. benötigte **Leuchtenfarbe**

Lichttechnische Grobplanung

- Ziel der Grobplanung: Erstellung eines Leistungsverzeichnisses
- Aufbau muss so erfolgen, dass sich eine sinnvolle Vergleichsbasis für die spätere Angebotsprüfung ergibt
- Mögliche Vorgehensweise: Clusterung der Lichtpunkte nach entsprechendem Schema
 - Mastarten (Ansatz- / Aufsatzleuchten)
 - Leuchtentypen (technisch / repräsentativ)
 - Verkehrssituation / Benennung Beleuchtungsklasse
 - Raster LP-Abstände (z. B. < 15 m, 15 – 30 m, 30 – 45 m, 45 – 60 m, > 60 m)
 - Straßenbreiten (Rasterung bei bekannter Varianz, sonst Pauschalierung)
 - Vorgabe der Voll- und Teillastzeiten
 - Leuchtenanzahl je Cluster
 - Abfrage der LED-Systemleistung (Angabe der Bestands-Bestückung ist nicht erforderlich)

Ausschreibung der Leistungen

Vergabeverfahren

- **VOB** (Schwerpunkt Bauleistung – nach Anhang IV VOL/A sind dies „Arbeiten jeder Art, durch die eine bauliche Anlage hergestellt, instand gehalten, geändert oder beseitigt wird. Darunter fallen ... insbesondere [auch] die Lieferung und Montage ...elektrotechnischer Einrichtungen“)
- **VOL** (Schwerpunkt Lieferleistung)
- **VOF** (Schwerpunkt freiberufliche Dienstleistungen – meist Architekten- oder Ingenieurleistungen)
- **SektVO** (Auftraggeber im Bereich Verkehr, Trinkwasser, Energieversorgung)
- Berücksichtigung von **EU-Schwellenwerten**, oberhalb derer ein europaweites Verfahren vorzusehen ist
 - **VOB**: 5.225.000 EUR
 - **VOL**: 209.000 EUR
 - **Sektoren**: 418.000 EUR

(Stand: 01.01.2016)

Ausschreibung der Leistungen

Anforderungen und Zuschlagskriterien

Benennung von Anforderungen und Zuschlagskriterien, wie z. B.

- Zwingend erforderliche **Eignungsnachweise / Erklärungen** zur Lage des Wirtschaftsteilnehmers
 - Umsatz, Versicherungsnachweise, Erklärung zu Steuerzahlungen, Zuverlässigkeit, Angaben zu Beschäftigten etc.
- Nachweis der **technischen Leistungsfähigkeit**
 - Herstellungskapazitäten, lichttechnische Berechnungen gemäß LV-Vorgaben, Vorlage von Datenblättern etc.
- Vorgabe von technischen **Mindest- und Bewertungskriterien** zur Qualitätssicherung
- **Preisabfrage**
- Benennung von **Binde- und Lieferfristen** sowie **Vertragsstrafen**
- Forderungen zu **Gewährleistungen / Mängelansprüchen, Garantien** etc.

Qualitätssicherung im Rahmen der Ausschreibung

- Durch Vorgabe von ausschreibungsrelevanten Mindestanforderungen und Bewertungskriterien kann gezielt Qualitätssicherung betrieben werden.
- Relevante Anforderungen und Kriterien sind beispielsweise:
 - Systemlichtausbeute / Systemeffizienz [lm/W]
 - Lichtfarbtemperatur [K]
 - Nutzlebensdauer [a]
 - Steuerungsschnittstelle zur Realisierung einer Halbnachtschaltung
 - Vorlage von Prüfzeichen wie ENEC oder VDE
 - (Früh-)Ausfallrate
 - Bestromung der Leuchten
 - Geringer ULOR-Wert (Vermeidung von Lichtemissionen in den oberen Halbraum)
 - Gehäuseeigenschaften / Material

Lichttechnische Feinplanung I

- **Vor-Ort-Termine** zwecks Analyse von Sonderfällen (große Kreuzungsbereiche, Tunnel, FGÜ, Mehrfachausleger o. ä.)
- Konkretisierung der vorliegenden **Geodaten**
- **Lichttechnische Planung** unter Berücksichtigung der Ausschreibungsergebnisse
 - Nutzung von **Beleuchtungs-Simulationssoftware**
 - Ermittlung von Simulationsergebnissen je Einzel-LP
 - Zuordnung eines Leuchtentyps je Rechenfall
 - Aufbau einer **automatisierte Zuweisung** für alle zukünftigen identischen Beleuchtungssituationen
 - Nutzung der erzeugten Listen zur **Ermittlung der Verbrauchseinsparung** und für die anschließenden **Bestellvorgänge**

Lichttechnische Feinplanung II

- Generierung zusätzlicher **Einsparpotentiale** durch ggf. erforderliche Aufsplittung der Cluster-Planung gemäß Angebot
 - Reduzierung der durchschnittlich installierten Leistung (teilweise bis zu 30 %)
 - Reduzierung der Investitionskosten
 - Reduzierung des Verbrauchs
 - Reduzierung der CO₂-Emissionen

Bestellung und Logistik

- Ergebnis der lichttechnischen Planung ist die eindeutige Zuweisung eines Leuchtentyps je Lichtpunkt
- Merkmale zur Beschreibung eines Leuchtentyps sind z. B.:
 - Leuchtenart (technisch / repräsentativ), Optik, Leistung, Neigungswinkel, Kabellänge, etc.
- Zuweisung eines kundenspezifischen **Bestellcodes** je Leuchtentyp → Bestellliste
- Auslieferung der kundenspezifisch markierten Leuchten
- Eindeutige Zuweisungsmöglichkeit im Rahmen der Montagetätigkeiten
 - Fehlervermeidung
 - Akzeptanzsicherung

Vorfeldberatung des HMWEVL

- Abruf der für die Beratung benötigten Datengrundlagen durch die hessenENERGIE
- Vorhabensspezifische Auswertung der Daten
- Beratung in Wiesbaden mit folgenden Schwerpunkten:
 - **Technische Aspekte** (Informationen zu Grundlagen, Planung, Steuerungstechnik, Produkthanforderungen etc.)
 - Informationen zum **Beschaffungsverfahren** für Liefer- und Montageleistungen (Konkretisierung der Leistungen, Qualitätssicherung im Rahmen des Beschaffungsverfahrens etc.)
- Grundlagen / Unterstützung bei der **Fördermittelbeantragung**
- **Vor-Ort-Termin** beim Beratungsempfänger mit folgenden Schwerpunkten:
 - Ggf. weitere Informationen zur Fördermittelbeantragung
 - Praktische Hinweise zur Vorgehensweise bei der **Datenzusammenstellung**
 - Herangehensweise bei **lichttechnischen Sonderfällen**
 - Informationen zur Umsetzung des **Beschaffungsverfahrens**

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit.

Mainzer Straße 98 – 102
65189 Wiesbaden
Telefon: 0611 - 7 46 23 0
Telefax: 0611 – 71 82 24
Kontakt@hessenENERGIE.de
www.hessenENERGIE.de

hessen**ENERGIE**

Gesellschaft für
rationelle Energienutzung mbH