



Planungshilfe LED-Strassenbeleuchtung



Impressum

Herausgeber

Hessisches Ministerium für Wirtschaft,
Energie, Verkehr und Wohnen
Kaiser-Friedrich-Ring 75
65185 Wiesbaden
Telefon: 06 11 – 8 15-0
www.wirtschaft.hessen.de

LandesEnergieAgentur Hessen GmbH
Mainzer Straße 118
65189 Wiesbaden
Telefon: 06 11 – 9 50 17-8400
www.landesenergieagentur-hessen.de

Konzeption

HessenEnergie
Gesellschaft für rationelle Energienutzung mbH
Mainzer Straße 98–102
65189 Wiesbaden
Telefon: 06 11 – 7 46 23-0
www.HessenEnergie.de

Stand

Juni 2020

Gestaltung

© Gute Gestaltung,
Büro für Kommunikations-Design 2020
Friedrich-Ebert-Platz 6
64289 Darmstadt
Telefon: 0 61 51 – 29 30 71
www.gute-gestaltung.de

DIN-Tabellen, Auszüge Seite 9

Wiedergegeben mit Erlaubnis von
DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
Maßgebend für das Anwenden der DIN-Norm
ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum,
die bei der Beuth Verlag GmbH,
Am DIN Platz, Burggrafenstraße 6,
10787 Berlin, erhältlich ist.

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Hessischen Landesregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags- und Kommunalwahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen und Werbemittel.

Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Die genannten Beschränkungen gelten unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Druckschrift dem Empfänger zugegangen ist. Den Parteien ist es jedoch gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.



Tarek Al-Wazir
Hessischer Minister
für Wirtschaft,
Energie, Verkehr und
Wohnen

Sehr geehrte Damen und Herren,

Die Straßenbeleuchtung verursacht durchschnittlich ein Drittel des Stromverbrauchs einer Stadt oder Gemeinde. Moderne LED-Technik kann dies um 70 bis 80 Prozent vermindern. Das rechnet sich, zumal die Modernisierung gefördert wird. Viele hessische Kommunen haben dies bereits genutzt.

Der Gewinn ist nicht allein finanzieller Art: LED-Leuchten lassen sich viel genauer ausrichten als herkömmliche Lampen. Sie werfen das Licht dahin, wo es hingehört. Eine gut geplante LED-Beleuchtung erhellt Straßen und Fußgängerwege gleichmäßig, streut aber nicht auf die umliegenden Häuser, die Natur und in den Himmel. Sie trägt maßgeblich dazu bei, die Lichtverschmutzung unserer Umwelt zu vermindern.

Um all die Potenziale der LED-Technik für die Umwelt, das Klima und die Lebensqualität optimal zu erschließen, bedarf es sorgfältiger Planung und Umsetzung. Mit dieser Broschüre möchten wir Planer, Kommunen und weitere Interessierte bei dieser Aufgabe unterstützen. Sie informiert über die wesentlichen Schritte hin zu einer effizienten Straßenbeleuchtung, die Energie und Kosten spart, die Lichtverhältnisse im Ort spürbar verbessert und die Akzeptanz der Bürgerinnen und Bürger findet.

Ich wünsche Ihnen eine erhellende Lektüre.

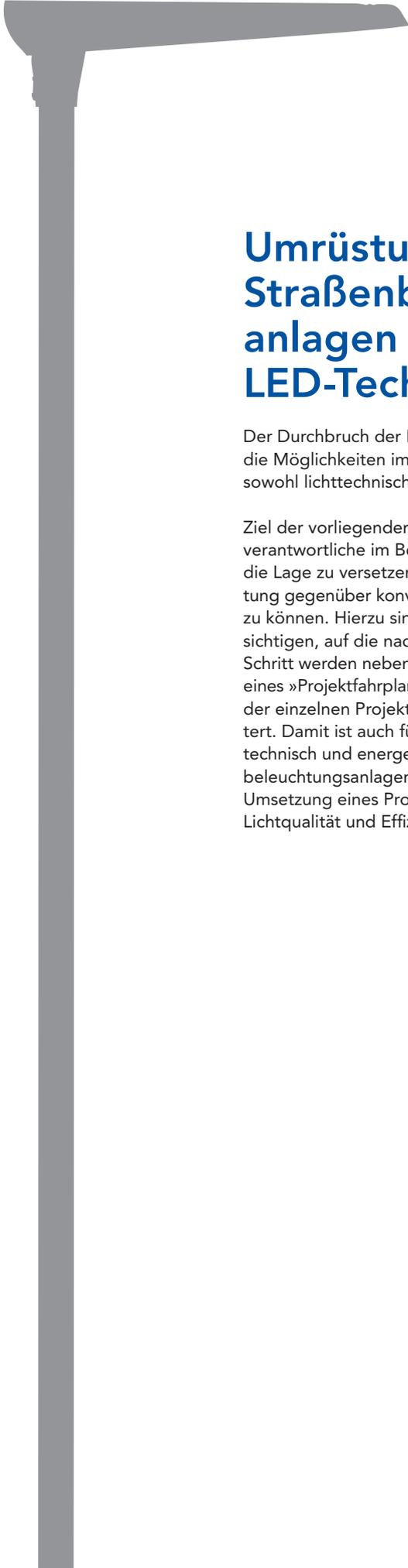
Ihr

A handwritten signature in blue ink that reads "Tarek Al-Wazir". The signature is fluid and cursive.

Tarek Al-Wazir

Inhalt

- 2 Impressum
- 3 Vorwort
- 4 Inhaltsverzeichnis
- 5 Umrüstung von Straßenbeleuchtungsanlagen auf LED-Technologie
- 6 Gute Planung – hohe Einsparung – höhere Akzeptanz
- 7 Lichttechnische Grundbegriffe
- 8 Projektfahrplan
- 8 Überprüfung und Ergänzung des Datenbestandes
- 10 Lichttechnische Grobplanung/
Erstellung des Leistungsverzeichnisses
- 10 Beschaffungsverfahren
- 12 Lichttechnische Feinplanung
- 13 Logistik
- 14 Fazit
- 15 Weiterführende Informationen



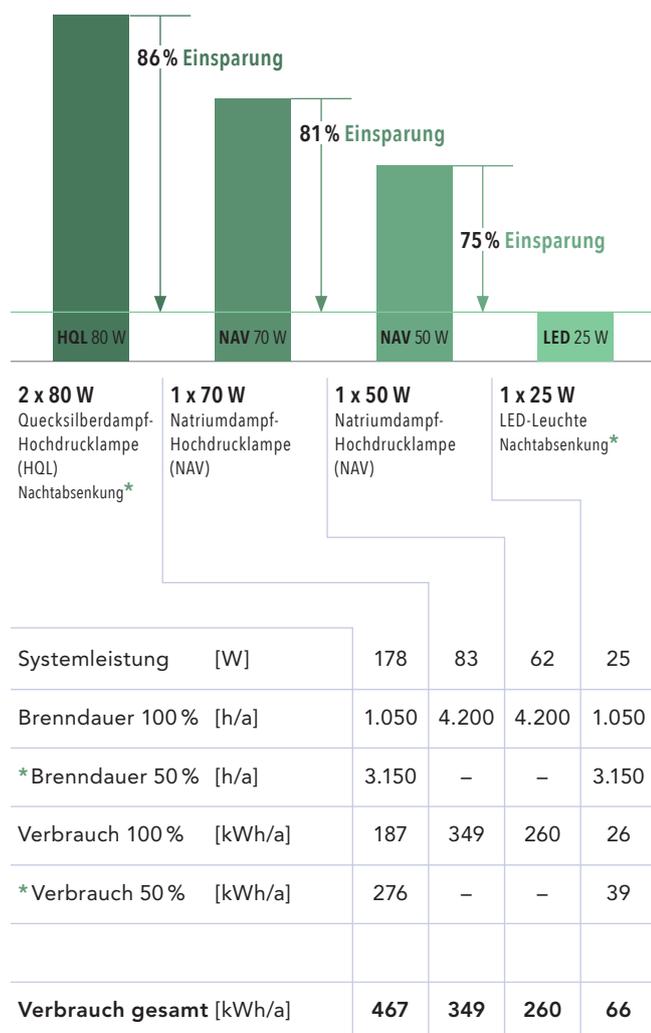
Umrüstung von Straßenbeleuchtungs- anlagen auf LED-Technologie

Der Durchbruch der LED-Technologie in den letzten Jahren hat die Möglichkeiten im Bereich der Beleuchtung revolutioniert – sowohl lichttechnisch als auch energetisch.

Ziel der vorliegenden Planungshilfe ist es, Planer und Projektverantwortliche im Bereich von Straßenbeleuchtungsanlagen in die Lage zu versetzen, alle Vorteile der LED-Straßenbeleuchtung gegenüber konventioneller Technologie umfassend nutzen zu können. Hierzu sind einige planerische Aspekte zu berücksichtigen, auf die nachfolgend eingegangen wird. Schritt für Schritt werden neben den wichtigsten Grundlagen auf der Basis eines »Projektfahrplans« die relevantesten planerischen Aspekte der einzelnen Projektphasen dargestellt und praktisch erläutert. Damit ist auch für Neueinsteiger auf dem Gebiet der lichttechnisch und energetisch optimierten Umrüstung von Straßenbeleuchtungsanlagen auf moderne LED-Technologie die Umsetzung eines Projektes mit höchsten Standards hinsichtlich Lichtqualität und Effizienz möglich.

Gute Planung – hohe Einsparung – höhere Akzeptanz

Die Umrüstung von Straßenbeleuchtungsanlagen auf moderne LED-Technologie eröffnet durch die sehr hohe Effizienz der LED-Leuchten enorme Einsparpotenziale bei gleichzeitiger Verbesserung der Lichtqualität: Eine optimierte, Einzel-Lichtpunkt bezogene Planung führt zu Effizienzsteigerungen von teilweise deutlich über 70 %.



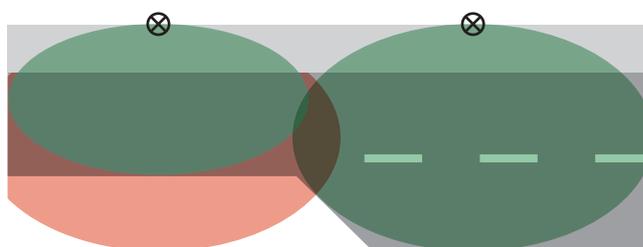
Die Umrüstung der Straßenbeleuchtung auf LED-Technologie bietet hohe Einsparpotenziale – auch bei NAV-Beleuchtung als Ausgangsbasis

Zudem führt die lange Lebensdauer der LED-Leuchten dazu, dass sich auch die Wartungs- und Ersatzteilkosten reduzieren lassen – ein Effekt, der maximiert werden kann, wenn die Umrüstung flächendeckend durchgeführt wird und sich dementsprechend sowohl die Wartungszyklen als auch die Lagerhaltung vereinheitlichen lassen. Auch das Erscheinungsbild, das oftmals historisch bedingt keine einheitlichen Leuchtenmodelle aufweist, lässt sich bei flächendeckender Umrüstung am effektivsten optimieren, wodurch die Akzeptanz der Maßnahme nochmals gesteigert wird.

Einzel-Lichtpunkt-bezogene Planung führt zu höherer Energieeinsparung und Akzeptanz

Die Anforderungen der aktuellen Förderprogramme zur LED-Straßenbeleuchtung reichen bis zu einer Energie- und Emissions-einsparung von mindestens 70 %. Diese Anforderung lässt sich oftmals nur mit einer optimierten Einzel-Lichtpunkt-bezogenen Planung erfüllen. Damit kann das Einspar-Ziel zumeist selbst dann erreicht werden, wenn bereits Natriumdampf-Lampen eingesetzt sind. Dies wurde in mehreren Modellprojekten belegt. Somit kann für die Modernisierung der überwiegenden Anzahl an Straßenleuchten eine maximale mögliche Förderung in Anspruch genommen werden.

Gegenüber oftmals deutlich pauschalierteren Planungsansätzen (Betrachtung beispielsweise pro Straßenzug) erfolgt bei der Einzel-Lichtpunkt-bezogenen Planung eine optimierte lichttechnische Auslegung jedes einzelnen Lichtpunktes. Dementsprechend werden Fehlplanungen und damit auch Überdimensionierungen mit ungewollter Ausleuchtung von Bereichen außerhalb der Verkehrswege vermieden. Dies führt zu erheblichen Einsparungen bei Energieverbrauchs- und Investitionskosten. Die höheren Kosten für die im Vorfeld erforderliche Erfassung geografischer Daten und die daran anschließende Einzel-Lichtpunkt-bezogene Planung werden durch die zusätzlich eingesparten Kosten kompensiert. Für gewöhnlich werden die höheren Kosten über die Lebensdauer der LED-Straßenbeleuchtung betrachtet sogar mehrfach wieder eingespielt. Dies rechnet sich – und es rechnet sich noch mehr, wenn erst durch die Einzel-Lichtpunkt-bezogene Planung die Anforderungen für die Förderung erreicht werden können.



Eine Einzel-Lichtpunkt-bezogene Planung berücksichtigt Besonderheiten im Verlauf der Verkehrswege und führt so zu einer optimalen lichttechnische Ausleuchtung

Zusätzlich werden die Bürgerinnen und Bürger Ihnen diesen Planungsansatz danken, denn Umfragen haben gezeigt, dass die optimierte Ausleuchtung im Zuge der Einzel-Lichtpunkt-bezogenen Planung die Akzeptanz der LED-Straßenbeleuchtung stark erhöht.

Lichttechnische Grundbegriffe

Eine planungsseitig optimierte Beleuchtungsanlage bietet nicht nur bestmögliche Ausleuchtung und eine damit einhergehende Sicherheit, sondern gleichzeitig auch die Möglichkeit zu maximaler Effizienzsteigerung. Zur Einschätzung der Effizienz der (LED-)Leuchten ist die Kenntnis der Lichtausbeute relevant.

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.

System-Lichtausbeute verschiedener Leuchtmittel im Vergleich:

eingesetztes Leuchtmittel	System-Lichtausbeute
Leuchtstofflampe (36 W, KVG)	70 lm/W
Natriumdampf-Hochdrucklampe (70 W)	70 lm/W
Quecksilberdampf Lampe (80 W)	45 lm/W
LED (4.000 K)	bis zu 150 lm/W

Lichtpunkt (LP)

In der Straßenbeleuchtung wird der Mast inklusive aller an ihm verbauten Leuchten als Lichtpunkt bezeichnet. Bei einer reinen Umrüstungsmaßnahme ohne Zubau von Masten bleibt die Anzahl der Lichtpunkte daher identisch, während sich die Anzahl der Leuchten dabei trotzdem ändern kann.

Der Abstand zwischen den einzelnen Lichtpunkten wird als Lichtpunktabstand bezeichnet.

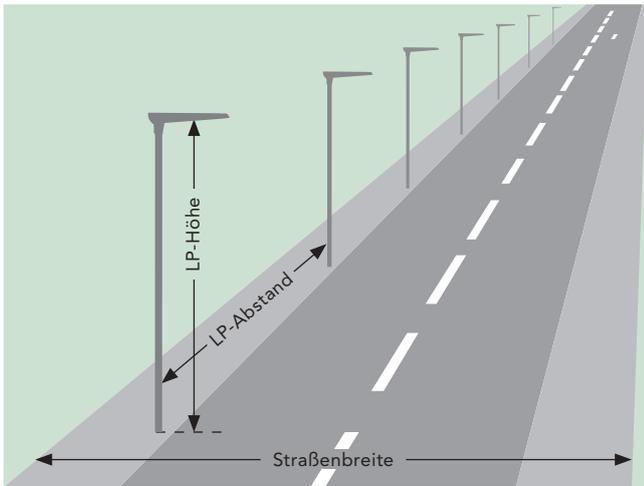
Der Begriff Lichtpunkthöhe beschreibt, aus welcher Höhe das Licht auf die zu beleuchtende Fläche fällt.

Projektfahrplan

Überprüfung und Ergänzung des Datenbestandes

Ein in allen wesentlichen Punkten vollständiger Datenbestand ist die Voraussetzung für die Umsetzung von Projekten mit dem Ziel der lichttechnischen Optimierung bei gleichzeitig maximaler Steigerung der Effizienz. Grundlage der erforderlichen planungsseitigen Herangehensweise stellt die separate Betrachtung jedes einzelnen Lichtpunktes (LP) dar. Dementsprechend müssen alle nachfolgend dargestellten Daten der bestehenden Beleuchtungsanlage LP-bezogen vorliegen.

Benötigte Daten der Bestandsanlage (Erfassung/Darstellung je LP)

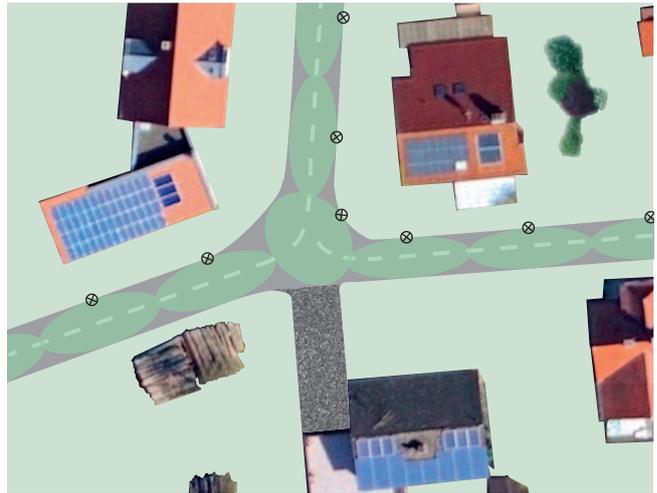


Erforderliche geometrische Daten zur Erstellung einer Einzel-Lichtpunkt-bezogenen Planung

- Leuchtenstandort (z. B. GPS-Erfassung)
- Leuchtentyp (z. B. Kofferleuchte, Pilzleuchte, Bogenleuchte etc. – die Kenntnis des Leuchtentyps ermöglicht in der weiteren Planung die Berücksichtigung unterschiedlicher gestalterischer Ansprüche, die sich in der Wahl der LED-Leuchte widerspiegeln können)
- Mastform (gerade/Peitsche/Bogen/Überspannung)
- LP-Höhe (Masthöhe bzw. bei Überspannungsleuchten: Abstand zwischen Leuchte und Verkehrsweg)
- Straßenbreite (einschließlich Fußwege)
- max. Abstand zum Nachbarlichtpunkt (rechts- oder linksseitig, nicht in Reihe durchgemessen)
- Anzahl der Leuchten je LP (ggf. Berücksichtigung von Mehrfachauslegern)
- vorhandene Mast- bzw. benötigte Leuchtenfarbe
- Straßentyp bzw. (sofern bereits bekannt) Beleuchtungsklasse (BK) gemäß Norm (z. B. Nebenstraße/BK P4)
- max. zulässige Höchstgeschwindigkeit
- Bestückung mit Angabe von installierter Leistung (einschließlich Vorschaltgerät (VG)-Verluste) und Lampenart (z. B. 1 x 70 W NAV, 2 x 80 W HQL etc., zuzüglich Ergänzung um die jeweilige Systemleistung unter Berücksichtigung der VG-Verluste) – diese Angaben sind insbesondere relevant bei beabsichtigter Fördermittelbeantragung mit Mindesteinsparung
- Nutzungsstunden pro Jahr (unterteilt in Teil- und Volllastbetrieb sowie unter Berücksichtigung von eventuellen nächtlichen Abschaltungen)

Darüber hinaus ist die Erfassung von Besonderheiten sinnvoll, um diese entsprechend in der lichttechnischen Planung berücksichtigen zu können:

- Ausrichtung der Leuchte, sofern diese nicht im 90°-Winkel zur Straße angeordnet ist (z. B. in Kreuzungsbereichen, wo oft eine 45°-Drehung in die Kreuzung zu verzeichnen ist)



Individuelle Umgebungsbedingungen und Besonderheiten in der Leuchten-Anordnung sind für eine optimale lichttechnische Planung zu berücksichtigen

- Bedarf einer rundstrahlenden Optik (z. B. auf öffentlichen Plätzen mit zentraler Anordnung des LP, wodurch das Erfordernis einer »Rundum-Beleuchtung« (360°) bestehen kann)

Mit der Kenntnis dieser Parameter lässt sich eine lichttechnische Planung umsetzen, die die individuellen Umgebungsbedingungen berücksichtigt und so neben höchster Effizienz auch zu einer optimalen Ausleuchtung führt.

Zuweisung der Beleuchtungsklasse je LP

Die Wahl der Beleuchtungsklasse sollte immer in Abstimmung mit der Kommune erfolgen, um alle erforderlichen Randbedingungen und Besonderheiten oder auch geplante Nutzungsänderungen umfassend berücksichtigen zu können.

Grundlage für die einzelnen Schritte bis zur Zuweisung der Beleuchtungsklasse ist die DIN EN 13201:

Tabelle 1 – Zuordnung der Kategorien von Verkehrsflächen zu entsprechenden Auswahltabellen zur Bestimmung von Beleuchtungsklassen (Auszug E DIN 13201-1)

Kategoriegruppe	Kategorie	Tabelle	
...	
HS	Hauptverkehrsstraßen	Ortsdurchfahrten, innergemeindliche Hauptverkehrsstraßen $\geq 50\text{km/h}$	5
...

Tabelle 5 - Hauptverkehrsstraßen innerorts $\geq 50\text{ km/h}$ für M-Klassen (Auszug E DIN 13201-1)

Auswahlparameter	Optionen/Auswahlmöglichkeit	Wichtungsfaktor V_w	Gewählte Wichtungswerte	
Anzahl Fahrstreifen je Richtung	> 1	1	0	
	1	0		
...	
		Zwischenwert	0	
Variable Parameter für die adaptive Beleuchtung	Optionen/Auswahlmöglichkeit	Wichtungswert V_w	Zeitpunkt	
...	t_0	t_1
Verkehrsart / Zusammensetzung	gemischt, hoher Anteil nicht motorisiert	2	1	
	gemischt	1		
	nur motorisierter Verkehr	0		
Leuchtdichte der Umgebung	hoch	1	-1	
	mittel	0		
	gering	-1		
Parkende Fahrzeuge	zulässig	1	1	
	nicht zulässig	0		
...
		Summe der Wichtungswerte V_{WS}	1	
		Beleuchtungsklasse $M = 6 - V_{WS}$	M5	

Tabelle 1 – M-Beleuchtungsklassen (Auszug DIN EN 13201-2)

Klasse	Fahrbahnleuchtdichte bei trockener bzw. nasser Straßenoberfläche				Physiologische Blendung	Beleuchtung der Umgebung		
	trockene Zustände			nass			trockene Zustände	trockene Zustände
	\bar{L} [Minimaler Wertungswert] $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$	U_0 [Mindestwert]	U_1 [Mindestwert]	U_{0w} [Mindestwert]			f_{T1} [Höchstwert] %	R_{E1} [Mindestwert]
...		
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15,00	0,30		
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15,00	0,30		
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20,00	0,30		

Bei der Modernisierung von Bestandsanlagen lassen die Randparameter nicht immer flächendeckend eine normgerechte Auslegung der neuen Beleuchtungsanlage zu (z. B. aufgrund ungünstiger geometrischer Bedingungen der LP-Abstände und/oder der Straßenbreite zu den bestehenden Masthöhen, Verdeckung der Leuchten durch Einwuchs etc.). Sofern hier nicht durch entsprechende Maßnahmen Abhilfe geschaffen werden kann oder soll (Setzen zusätzlicher Masten, Verlängerung bestehender Masten o. ä.), kann die neue LED-Beleuchtungsan-

lage häufig in Teilen nur normorientiert ausgelegt werden. Das bedeutet, dass mit der Neuplanung zwar anzustreben ist, die Normwerte möglichst flächendeckend einzuhalten, dass jedoch eine leichte Abweichung einzelner Werte nicht immer vermeidbar sein wird. Auch in diesen Fällen ist jedoch grundsätzlich eine Steigerung der Lichtqualität im Vergleich zur Bestandsanlage zu erwarten, sofern der Ansatz der Einzel-LP-bezogenen Planung gewählt wird.

Lichttechnische Grobplanung/ Erstellung des Leistungsverzeichnisses

Die lichttechnische Grobplanung verschafft einen Überblick über die Schwerpunkte der vorhandenen Beleuchtungssituationen und mündet in der Erstellung eines Leistungsverzeichnisses zur Abwicklung des Vergabeverfahrens oder (sofern keine Ausschreibungspflicht besteht) zur Einholung vergleichbarer Angebote.

Sie ist deutlich gröber strukturiert als die spätere lichttechnische Feinplanung und kann bei bestehender Notwendigkeit bereits zu einem Zeitpunkt erstellt werden, zu dem noch nicht alle LP-bezogenen Standort-Daten vorliegen. Jedoch müssen ausreichend LP-bezogene Parameter verfügbar sein, um eine Grundlage zu schaffen, die aussagekräftige Vergleiche verschiedener, auf der Grobplanung basierender Angebote zulässt.

Zur Erstellung der Grobplanung bietet sich eine Clusterung der LP nach zuvor festgelegtem Schema an, wodurch Leuchtengruppen mit ähnlichen beleuchtungsseitigen Ansprüchen generiert werden:

Gruppierung hinsichtlich lichttechnischer Anforderungen:

- Mastarten → Ansatz- oder Aufsatzleuchten?
- Leuchtentypen → technisch oder repräsentativ?
- Verkehrssituation → Benennung der geforderten Beleuchtungsklasse
- LP-Abstände (gruppiert) → z. B. < 15 m, 15 – 30 m, 30 – 45 m, 45 – 60 m, > 60 m
- Straßenbreiten → Gruppierung bei bekannter Varianz, sonst gegliederte Pauschalierung

Angaben zur Ermittlung der erwartbaren Verbrauchsdaten:

- Vorgabe der Voll- und Teillastzeiten
- Abfrage der LED-Systemleistung (Angabe der Bestands-Bestückung ist an dieser Stelle nicht erforderlich, wird zumeist jedoch zwingend im Rahmen der Förderantragstellung benötigt)
- Leuchtenanzahl je Cluster

Die so gebündelte Zusammenstellung des Beleuchtungsbedarfs bildet die Basis des Leistungsverzeichnisses. Auf der Grundlage dieses Leistungsverzeichnisses sind durch die Bieter Angebote für Leuchten zu erstellen, die die benannten Bedingungen im geforderten Umfang erfüllen bzw. berücksichtigen und dementsprechend in diesen Punkten direkt miteinander vergleichbar sind.

Beschaffungsverfahren

Das Beschaffungsverfahren schließt an die Erstellung des Leistungsverzeichnisses an und muss die jeweils einzuhaltenden vergaberechtlichen Bestimmungen berücksichtigen. Bei Inanspruchnahme von Fördermitteln droht die Kürzung der bewilligten Mittel, sollten an dieser Stelle vergaberechtliche Bestimmungen nicht eingehalten worden sein.

Besteht die Verpflichtung, ein Vergabeverfahren gemäß der geltenden Vergabeordnungen (z. B. VOB oder VOL bzw. VgV) durchzuführen, so müssen die Ausschreibungen produktneutral erfolgen. Für die Ausschreibung der Leuchtenbeschaffung und der Montagetätigkeiten können dabei folgende Vergabeverfahren relevant sein:

- **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 bzw. VgV** (Schwerpunkt Lieferleistung)
- **SektVO** (kommt unter bestimmten Voraussetzungen für Auftraggeber im Bereich Verkehr, Trinkwasser und Energieversorgung zum Tragen)

Ob im jeweiligen Vergabeverfahren nationale oder europäische Vorschriften anzuwenden sind, hängt im Regelfall vom geschätzten Auftragswert (ohne Umsatzsteuer) ab, da die europäischen Vergaberegeln erst oberhalb bestimmter Schwellenwerte gelten. Diese Schwellenwerte werden alle zwei Jahre aktualisiert und sind stets in der gültigen Form zu berücksichtigen.

Das Hinzuziehen einer beratenden vergaberechtlichen Fachkraft ist anzuraten, sofern die Verpflichtung zur Durchführung eines Vergabeverfahrens besteht. Auf diese Weise lassen sich vergaberechtliche Fehler mit den damit verbundenen Konsequenzen vermeiden.

Anforderungen und Zuschlagskriterien im Rahmen des Beschaffungsverfahrens

Im Rahmen des Beschaffungsverfahrens ist die Benennung von Anforderungen und Zuschlagskriterien erforderlich, die die Eignung des jeweiligen Bieters verifizieren und die Einhaltung geforderter Ansprüche und Standards gewährleisten. Diese umfassen Bereiche wie etwa

- Eignungsnachweise und Erklärungen zur Lage des Wirtschaftsteilnehmers (Handelsregisterauszug, Angaben zu Umsatz und Beschäftigten etc.)
- Nachweise zur technischen Leistungsfähigkeit (Herstellungskapazitäten, Vorlage von technischen Datenblättern und lichttechnischen Berechnungen, und weitere)
- Preisabfrage
- Benennung von Binde- und Lieferfristen sowie Vertragsstrafen
- Forderungen zu Gewährleistungen, Mängelansprüchen, Garantien

Darüber hinaus kann mit der konkreten Benennung von ausschreibungsrelevanten Mindestanforderungen und Bewertungskriterien eine gezielte Qualitätssicherung betrieben werden. Bei Nichterfüllung von Mindestanforderungen ist das Angebot aus dem weiteren Verfahren auszuschließen. Für geforderte Bewertungskriterien ist eine Matrix mit entsprechender Punkteverteilung zu entwickeln, die auf dieser Basis die Güte der angebotenen Leuchten und Komponenten entsprechend bewertet.

In diesem Zusammenhang relevante Anforderungen und Kriterien sind im Wesentlichen:

- Montageseitige Forderungen (Eignung für vorhandene Mastzopfdurchmesser, Ansprüche an eine mitunter herstellerseitig vorzunehmende Verkabelung und weitere Forderungen)
- Technische Ausstattung der Leuchte zur Halbnachtschaltung (Dimmung)
- Zulässige Lichtfarbtemperatur (von kaltweißem Licht wird definitiv abgeraten, möglich ist z. B. $3.000\text{ K} \leq T \leq 4.500\text{ K}$)
- Farbwiedergabeindex (z. B. $R_a \geq 70$)
- Nutzlebensdauer L80 (entspricht dem Zeitraum, in dem der Lichtstrom um maximal 20 % abfällt)
- CE-Konformitätserklärung
- Prüfzeichen (z. B. ENEC oder VDE)
- Schutzart/Schutzklasse
- Exakte Lackfarbe der Leuchten
- Rechnerischer Nachweis einer normgerechten Ausleuchtung für verschiedene Musterfälle
- Angaben zur Systemeffizienz der Leuchten (z. B. $\geq 120\text{ lm/W}$)
- System-Frühausfallrate (z. B. innerhalb der ersten zwei Nutzungsjahre)
- Bestromung (sollte nicht zu hoch sein, um negative Auswirkungen auf die Lebensdauer zu vermeiden)
- Höhe des Wartungsfaktors (ein möglichst hoher Wartungsfaktor reduziert die erforderliche anfängliche Überdimensionierung)
- ULOR-Wert (gibt die Abstrahlung in den oberen Halbraum an und sollte nahe 0 % liegen)
- Gehäuseeigenschaften
- Wartungsfreundlichkeit
- Recyclingfähigkeit

Für den Fall der Nichteinhaltung genannter Forderungen sind Pönalisierungen zu benennen, die ggf. auch erst im weiteren Projektverlauf zum Tragen kommen (z. B. die Bereiche Gewährleistung und Mängelansprüche, Überschreiten der durch den Bieter benannten Frühausfallrate oder die Systemeffizienz betreffend).

Bei bestehender Verpflichtung zur Vergabe der Aufträge gemäß geltenden Vergabeordnungen ist das gesamte Verfahren unter Berücksichtigung der entsprechenden Vorgaben durchzuführen. Dies umfasst unter anderem auch die Prüfung und Wertung der Angebote einschließlich ggf. erforderlicher Nachforderungen, die Erstellung eines Vergabevermerkes sowie die abschließende Vergabe des Auftrages (Zuschlag).

Die Wertung der Angebote erfolgt anhand zuvor festgelegter Zuschlagskriterien, die einschließlich deren Gewichtung im Rahmen des Vergabeverfahrens bekanntgegeben werden müssen.

Eine thematische Unterteilung der Bewertung kann folgendermaßen aussehen:

- **Wirtschaftlichkeit des Angebotes** → Die Ermittlung und Wertung von Lebenszyklus-Kosten gewährleistet eine umfassende Kostenberücksichtigung über die gesamte Lebensdauer der Leuchten: Neben den Anschaffungskosten werden auch die für den Leuchtenbetrieb zu erwartenden Kosten einbezogen (Strombezug sowie Wartung und Instandhaltung). Basis für den Betrachtungszeitraum sollte die minimal angestrebte Nutzungsdauer der Leuchten sein.

Die so ermittelte Gesamtwirtschaftlichkeit des Angebotes hat in der anteiligen Wichtung einen wesentlichen Stellenwert, da gemäß § 97 Abs. 1 GWB die Grundsätze der Wirtschaftlichkeit gewahrt sein müssen.

- **Technische Qualität der Leuchten und lichttechnische Eigenschaften** → Zur Einstufung technischer und lichttechnischer Qualitätsmerkmale der Leuchten werden die seitens des Bieters zu den technischen Bewertungskriterien gemachten Angaben herangezogen und entsprechend gewertet.

Die Qualitätsmerkmale der angebotenen Leuchten haben in der anteiligen Wichtung neben der Gesamtwirtschaftlichkeit einen maßgeblichen Anteil (sie stellen gemäß § 97 Abs. 3 GWB einen der bei der Vergabe besonders zu berücksichtigenden Aspekte dar).

- **Gestaltung und Design** → Bewertet wird die Formgebung der Leuchten im Hinblick auf die Einpassung in das Stadt- und Straßenbild.

Die Gewichtung dieses Gesichtspunktes sollte anteilig gering sein, da er keinen Einfluss auf Kosten oder Funktionsfähigkeit nimmt und im Wesentlichen subjektiven Charakter hat.

Lichttechnische Feinplanung

Voraussetzung für den Beginn der lichttechnischen Feinplanung ist die Vorlage aller LP-spezifischen Daten wie Straßenbreite, Abstand zum Nachbar-LP, Masthöhe, Beleuchtungsklasse etc. Die Vervollständigung dieses Datenbestandes sollte möglichst parallel zum Beschaffungsverfahren abgeschlossen werden, um die lichttechnische Feinplanung unmittelbar nach der Zuschlagserteilung umzusetzen.

Neben der eigentlichen Aufnahme der geometrischen Daten wird teilweise eine gesonderte, verifizierende Betrachtung der Gegebenheiten zur Analyse von Sonderfällen erforderlich sein, wie etwa

- Kreuzungsbereiche
- Tunnelbeleuchtung
- Fußgängerüberwege
- Kreisel
- Mehrfachausleger
- Platzbeleuchtungen

Sinnvollerweise sollte für LP in solchen Umgebungssituationen bereits bei der Aufnahme der geometrischen Daten ein entsprechender Vermerk gemacht werden. In etlichen Fällen kann zur Überprüfung der Daten dieser Sonderfälle ein zeitaufwändiger vor-Ort-Termin durch die Nutzung von Programmen zur computergestützten Umgebungs-Visualisierung vermieden werden.

Zudem ist die Gesamtheit der aufgenommenen Daten auf Extremwerte und »Ausreißer« (z. B. sehr hohe Straßenbreiten oder unrealistische Masthöhen) zu prüfen und ggf. entsprechend anzupassen, um spätere Fehldimensionierungen und damit verbundene Akzeptanzprobleme zu vermeiden.

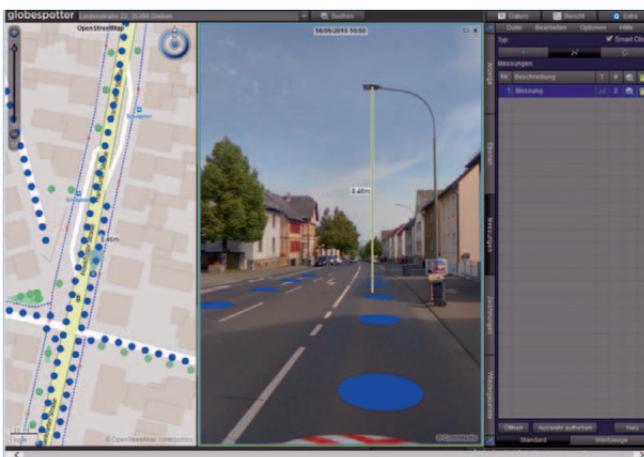
Durchführung der lichttechnischen Berechnungen

Das wesentliche Werkzeug für die Durchführung der lichttechnischen Berechnungen ist eine Beleuchtungs-Simulationssoftware (Relux, Dialux o. ä.), mit deren Hilfe jedem LP der am besten geeignete Leuchtentyp zugewiesen wird. Wesentliche Merkmale, die jeden dieser Leuchtentypen kennzeichnen, sind dabei

- Leuchtenart (technisch/repräsentativ)
- Optik (tiefstrahlend/breitstrahlend, jeweils mit entsprechenden Differenzierungen)
- Leistungsaufnahme
- Systemlichtstrom
- Neigungswinkel
- Kabellänge etc.

Die für die Simulationsberechnungen erforderlichen photometrischen Daten zur Lichtstärkeverteilung für die einzusetzenden Leuchten (z. B. in Form von *.ldt-Dateien) werden seitens der Hersteller zur Verfügung gestellt und sollten bereits mit der Angebotslegung eingeholt werden.

Insbesondere bei größeren Projekten ist es erforderlich, die Einzel-LP-Berechnungen so effizient und strukturiert wie möglich zu gestalten.



Programme zur computergestützten Umgebungs-Visualisierung können in der Planungsphase zeitaufwändige vor-Ort-Termine zur Klärung der Situation vermeiden

Tipps zum Ablauf der lichttechnischen Berechnungen:

- In der Praxis als sinnvoll und zumeist realisierbar hat sich die Herangehensweise erwiesen, bis zu einem der 6-fachen Masthöhe entsprechenden Abstand zum Nachbar-LP noch das Erreichen einer normgerechten Ausleuchtung zu verfolgen.
- Um extrem hohe LP-Abstände, die keine normgerechte Ausleuchtung mehr ermöglichen, nicht mit deutlich überdimensionierten Leuchten auszurüsten, die zu einer verstärkten Wahrnehmung eines »hell-dunkel-Effektes« führen und zudem eine unnötig hohe Blendung aufweisen würden, sollte für die lichttechnischen Berechnungen ein zu berücksichtigender Maximalabstand festgelegt werden. Für LP-Abstände oberhalb dieses Maximalabstandes wird die Lichtleistung der einzusetzenden Leuchten dann nicht mehr erhöht. Je nach Gegebenheiten kann ein sinnvoller Wert hierfür z. B. bei $d = 60$ m liegen.
- Für die eigentlichen LP-bezogenen lichttechnischen Berechnungen bietet es sich an, für jeden auftretenden neuen Fall mit festgelegten Randparametern (z. B. LP-Höhe, Straßenbreite, Leuchtenart und Beleuchtungsklasse) jeweils eine Rechenreihe zu generieren, die vom kleinsten Abstand bis zum festgelegten Maximalwert alle Leuchtentypen für die entsprechenden Bereiche der LP-Abstände zuweist. Durch Übernahme dieser Daten in eine Datenbank und die Erstellung einer entsprechend automatisierten Verknüpfung lassen sich, ohne weiteren Zusatzaufwand, alle hinsichtlich der Randparameter identischen LP-Standorte direkt mit einem Rechenwert belegen und so ein Leuchtentyp zuweisen. Wird nach diesem Schema konsequent vorgegangen, führt dies im Laufe des Projektes zu einer Vielzahl automatisiert zuweisbarer Leuchtentypen, was den Ablauf erheblich vereinfacht und beschleunigt.

Das Potenzial, welches die lichttechnische Feinplanung im Vergleich zur Grobplanung auf der Basis des Leistungsverzeichnisses mit sich bringt, ist nicht zu unterschätzen. Projekte aus der Praxis haben gezeigt, dass dieser Schritt durchaus ergänzende Verbrauchseinsparungen in einer Größenordnung von bis zu 30 % generieren kann. Darüber hinaus lassen sich durch den aus der Durchführung der Feinplanung oftmals resultierenden Einsatz von Leuchten mit geringerer Leistung neben dem Stromverbrauch und der damit einhergehenden Reduzierung der CO₂-Emissionen auch die Investitionskosten um rund 10 % reduzieren.

Logistik

Da im Ergebnis der lichttechnischen (Fein-)Planung jedem Lichtpunkt ein eindeutig definierter Leuchtentyp zugewiesen wird, ist es möglich, die Liste mit den automatisiert erfolgten Leuchtentyp-Zuweisungen auch für den Bestellvorgang zu nutzen.

Weiterhin ist es für den Projektablauf (Lagerung und Montage der Leuchten) äußerst hilfreich, jeden Leuchtentyp mit einem kundenspezifischen Bestellcode zu versehen, der (nach erfolgter Abstimmung mit dem Hersteller) den Bestellvorgang nochmals vereinfachen kann. Wird dieser Bestellcode nicht nur auf der Leuchte sondern gut sichtbar auch auf den jeweiligen Kartonagen vermerkt, kann damit im Rahmen der Lagerhaltung und Montage eine Fehlervermeidung erreicht werden. Dies wiederum dient der Akzeptanzsicherung, da Fehldimensionierungen durch Montage falscher Leuchten vermieden werden.

Sofern ein kundenspezifischer Bestellcode gewünscht wird, ist dies bereits im Rahmen des Beschaffungsverfahrens anzugeben.

Fazit

Die vorliegende Planungshilfe stellt einen möglichen Projektfahrplan dar und zeigt an verschiedenen Stellen Vorteile einer lichtpunktspezifischen Planung auf, die durch die Vielseitigkeit der LED-Technologie nutzbar werden. Diese liegen insbesondere in der Vermeidung von Überdimensionierung und Blendung und der Möglichkeit der zielgerichteten Ausleuchtung, durch die Lichtverschmutzung und die ungewollte Beleuchtung von Gebäuden maßgeblich vermieden werden. Die sich daraus ergebenden Potenziale für eine bessere Lichtqualität und höhere Energieeinsparung sollten genutzt werden. Darüber hinaus führt die optimale Ausleuchtung der Verkehrswege zu einer hohen Akzeptanz bei der Bevölkerung.



1 x 70 W
Natriumdampf-
Hochdrucklampe



1 x 18 W
LED-Leuchte
Nachtabsenkung

© Schröder

Systemleistung 100% [W]		83	18
Verbrauch gesamt	[kWh/a]	341	46
Einsparung	[%]		87

Weiterführende Informationen

Informationen zur (Straßen-)Beleuchtung

licht.de – eine Brancheninitiative des
ZVEI – Zentralverband
Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.:
<http://www.licht.de/>

Informationen zu Fördermöglichkeiten

Förderung durch das Hessische Ministerium
für Wirtschaft, Energie,
Verkehr und Wohnen (HMWEVW):
<https://lea-hessen.de/angebote/led-strassenbeleuchtung-31797>

Förderung durch das Bundesministerium für Umwelt,
Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU):
<https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative-kommunen>

Förderprodukte der KfW:
www.kfw.de



HESSEN



Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Energie,
Verkehr und Wohnen

Kaiser-Friedrich-Ring 75
65185 Wiesbaden
Telefon: 06 11 – 8 15-0
www.wirtschaft.hessen.de

HESSEN



LANDES
ENERGIE
AGENTUR

LandesEnergieAgentur Hessen GmbH
Mainzer Straße 118
65189 Wiesbaden
Telefon: 06 11 – 9 50 17-8400
www.landesenergieagentur-hessen.de