

# Praxisleitfaden energieeffiziente Straßenbeleuchtung

Technologien, Strategien, Betreibermodelle, Vergabe



## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	5
2.	Grundlagen und Rahmenbedingungen.....	7
	2.1. Beleuchtungspflicht .....	7
	2.2. Gütemerkmale für die Beleuchtung von Straßen und Plätzen – normative Grundlagen.....	8
	2.3. Ökodesign-Richtlinie .....	10
3.	Technologie .....	11
	3.1. Konventionelle Beleuchtungstechnologie.....	11
	3.2. LED-Technologie.....	12
	3.3. Technische Eigenschaften .....	13
	3.3.1. Anlagengeometrie .....	17
	3.3.2. Lichttechnische Kriterien .....	18
	3.3.3. Alterung und Ausfallrate von Leuchten.....	19
	3.3.4. Produktqualität .....	21
	3.3.5. Bewertung von Retrofit- und Umrüstsätzen.....	22
	3.4. Schaltung und Steuerung.....	23
	3.5. Regelung .....	24
	3.6. Lichtmanagement.....	24
4.	Modernisierung der Straßenbeleuchtung.....	25
	4.1. Istanalyse / Bestandserfassung.....	25
	4.2. Wirtschaftliche Einsparpotenziale.....	26
	4.3. Austauschstrategie – Vorgehensweise .....	27
	4.4. Finanzierung.....	28
	4.5. Förderung.....	31
	4.6. Kennwerte .....	32
5.	Aufgaben und Organisation .....	35
	5.1. Aufgaben.....	35
	5.2. Vertragsmodelle .....	35
	5.2.1. Betriebs- und Instandhaltungsvertrag kombiniert mit Modernisierung.....	35
	5.2.2. Betrieb und Instandhaltung sowie Modernisierung in separaten Losen ausschreiben .....	37
	5.2.3. Getrennte Ausschreibung von Betrieb und Instandhaltung sowie Modernisierung .....	39
	5.3. Contractingmodelle .....	39
	5.3.1. Finanzierungs-Contracting <sup>45</sup> .....	41
	5.3.2. Licht-Liefer-Contracting.....	41
	5.3.3. Energiespar-Contracting <sup>45</sup> .....	42
6.	Vergaberechtliche Anforderungen .....	44
	6.1. Grundlagen einer rechtssicheren Vergabe.....	44
	6.2. Öffentliche Auftraggeber und Sektorenauftraggeber .....	45
	6.3. Bau- oder Liefer- und Dienstleistungsauftrag .....	46
	6.4. Schwellenwerte .....	46
	6.5. Wahl der Verfahrensart .....	47
	6.6. Erstellung der Leistungsbeschreibung .....	47

6.7. Festlegung von Eignungs- und Zuschlagskriterien (Wertungsmatrix) .....	49
6.8. Berücksichtigung von Lebenszykluskosten .....	50
6.9. Ablauf eines Vergabeverfahrens (offenes Verfahren bzw. öffentliche Ausschreibung).....	51
6.10. Ausnahme: Inhouse-Vergabe .....	52
7. Abbildungsverzeichnis .....	54
8. Tabellenverzeichnis .....	54
9. Literaturverzeichnis .....	55
10. Weiterführende Weblinks .....	58

**Erstellung der Rohtexte:**

switch.on energy + engineering gmbh  
Schlossallee 7-9  
33442 Herzebrock-Clarholz

Wolter Hoppenberg Rechtsanwälte Partnerschaft mbB  
Münsterstraße 1-3  
59065 Hamm

**Autoren:**

Martin Brück von Oertzen (Wolter Hoppenberg)  
Silvia Döring (switch.on)  
Grit Hömke (Wolter Hoppenberg)  
Dominic Hornung (EnergieAgentur.NRW)  
Lena Kreggenfeld (Wolter Hoppenberg)  
Dr. Nadine Micus-Zurheide (Wolter Hoppenberg)  
Olaf Spiekerkötter (switch.on)  
Rainer Wennemar (switch.on)

**Redaktionelle Überarbeitung:**

Kornelia Roßkothen (EnergieAgentur.NRW)  
Jürgen Schütz (EnergieAgentur.NRW)

**Datum der Fertigstellung:**

22.09.2017

**Publikation im Internet:**

[www.energieagentur.nrw](http://www.energieagentur.nrw)

## 1. Einleitung

Mehr als die Hälfte der Kommunen in Deutschland stufen ihre Straßenbeleuchtungsanlagen als sanierungsbedürftig oder stark sanierungsbedürftig ein.<sup>1</sup> Auch in Nordrhein-Westfalen ist heute ein großer Teil der Anlagen „in die Jahre gekommen“. In den 1970er Jahren wurden vielerorts in großem Stil Beleuchtungsanlagen errichtet, die jetzt nach und nach das Ende ihrer Lebensdauer erreichen. Viele Kommunen sehen sich binnen kurzer Zeit mit einem hohen Investitionsstau und immensem Handlungsbedarf konfrontiert.

Weiterer Handlungsbedarf entsteht durch die nationale Umsetzung der Ökodesign-Richtlinie der EU: Schrittweise wurden und werden weiterhin diverse ineffiziente Leuchtmittel und Vorschaltgeräte aus dem Handel genommen.

In vielen Städten und Gemeinden ist man sich der Aufgabe durchaus bewusst. Es ist auch bekannt, dass durch eine Sanierung von Beleuchtungsanlagen Energie und Kosten eingespart werden können – dennoch zögern viele kommunale Entscheider, wenn es um die Modernisierung ihrer Straßenbeleuchtung geht. Der LED-Technik begegnet man immer noch mit Vorbehalten: Wie ausgereift ist sie? Wie haltbar? Wie teuer? Worauf muss bei der Ausschreibung geachtet werden, damit die Kommune ein langlebiges, qualitativ hochwertiges Produkt erhält? Wie organisiert man vernünftigerweise die Straßenbeleuchtung insgesamt?

Dieser Leitfaden soll an das Thema der Modernisierung von Straßenbeleuchtungsanlagen heranführen. Dabei wird die LED-Technik ebenso wie das richtige Vorgehen bei Ausschreibungen sowie Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Finanzierungsmöglichkeiten behandelt.

---

<sup>1</sup> (Deutsche Energie-Agentur GmbH 2014)



## 2. Grundlagen und Rahmenbedingungen

Die Bewirtschaftung der Straßenbeleuchtung ist zum einen durch technische Aspekte und zum anderen durch den Rechtsrahmen geprägt. Die umfangreiche Ausleuchtung fast aller Straßen und Wege wie sie im Bewusstsein der Bevölkerung als selbstverständlich verankert ist spiegelt den rechtlich tatsächlich notwendigen Umfang in den seltensten Fällen wider. Gleichzeitig hat die Beleuchtung der Straßen und Wege nicht allein die Funktion, die rechtliche Beleuchtungspflicht zu bedienen, sondern geht darüber hinaus. Sie gewährleistet die Sicherheit auf Verkehrswegen, unterstützt die öffentliche Sicherheit, trägt zur Attraktivität des Stadtbildes bei und belebt den öffentlichen Raum.

### 2.1. Beleuchtungspflicht

Zunächst gilt es festzuhalten, dass für den Träger der Straßenbaulast keine generelle Pflicht besteht, Straßen zu beleuchten. Eine konkrete rechtliche Regelung zur Straßenbeleuchtung gibt es nur für die Beleuchtung von Fußgängerüberwegen (FGÜ). Gemäß § 45 Abs. 5 Satz 1 StVO ist der Straßenbaulastträger zur Beschaffung, Anbringung, Unterhaltung und Entfernung der Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen und zu deren Betrieb einschließlich ihrer Beleuchtung verpflichtet. Die vorgenannte Pflicht erstreckt sich dabei nach § 45 Abs. 5 Satz 2 StVO explizit auch auf die von der Straßenverkehrsbehörde angeordnete Beleuchtung von Fußgängerüberwegen. Straßenbaulastträger innerhalb geschlossener Ortslagen ist in aller Regel die jeweilige Kommune, auch für Bundesfernstraßen, Land- oder Kreisstraßen kann die Baulast auf die Kommune übertragen werden.<sup>2</sup>

Die Pflicht der Kommunen zur Beleuchtung von Straßen und Wegen leitet sich aus ihrer Funktion als Straßenbaulastträger ab und ist ein Ausfluss der Verkehrssicherungspflicht. Diese besagt, dass mit Rücksicht auf die örtlichen Verhältnisse die Straßen so zu gestalten sind, dass Verkehrsteilnehmer vor un vermuteten und bei bestimmungsgemäßem Gebrauch nicht ohne weiteres ersichtlichen Gefahrenquellen bewahrt bzw. davor gewarnt werden. Die Ausleuchtung von Straßen und Wegen spielt dabei eine wesentliche Rolle. Allerdings wird in der Rechtsprechung eine Beleuchtungspflicht nur innerorts und nur für bebaute Gebiete und dazugehörige Verbindungsstraßen angenommen.

Noch weiter eingeschränkt wird die Beleuchtungspflicht dadurch, dass sie nur für konkrete Gefahrenbereiche gilt. Dazu gehören unter anderem gefährliche Straßenkreuzungen und -einmündungen, Engpässe, scharfe Kurven, Baustellen und

---

<sup>2</sup> Straßen- und Wegegesetz des Landes NRW (StrWG NRW) v. 23 September 1995, § 43 ff

Verkehrinseln. Als Richtschnur, wann die Kommune tatsächlich eine Beleuchtungspflicht trifft, hat das OLG München in seinem Urteil vom 29. Juli 2010<sup>3</sup> dazu wie folgt ausgeführt:

„In Anbetracht des ausgedehnten Straßen- und Wegenetzes der öffentlich-rechtlichen Gebietskörperschaften und deren beschränkter Mittel sind nur solche Beleuchtungsmaßnahmen zu treffen, für die ein **wirkliches Sicherheitsbedürfnis** besteht.“

Naturgemäß bedarf es für die Entscheidung, wann dies der Fall ist, einer Betrachtung des Einzelfalles. Neben der Errichtung der Beleuchtung umfasst die Beleuchtungspflicht dabei auch den fortdauernden Betrieb sowie die Unterhaltung.

Neben der Verkehrssicherungspflicht spielen für eine Kommune in aller Regel auch noch zwei weitere Aspekte bei der Frage der „Verpflichtung zur Straßenbeleuchtung“ eine entscheidende Rolle, die allerdings ohne rechtliche Relevanz sind. Dies sind die Sozialfunktion der Beleuchtung im Hinblick auf eine mögliche Verbrechensprävention und die lichttechnische Stadtgestaltung zur Stadtbildaufwertung.

Grundsätzlich ist auch der Rückbau vorhandener Straßenbeleuchtungsanlagen rechtlich vertretbar, wenn auch kommunalpolitisch oft problematisch. Dass die Unterhaltung und der Betrieb der Beleuchtung zudem ein reiner Kostenfaktor ist, der keinen Gewinn erwirtschaftet, führt oft dazu, dass der Umfang der Beleuchtung von den vorhandenen Haushaltsmitteln abhängig ist. In diesem Zusammenhang ist – aus rechtlicher Sicht – anerkannt, dass der Umfang der Beleuchtung abhängig von der **finanziellen Leistungsfähigkeit** der Kommune gestaltet werden darf.<sup>4</sup> Allerdings muss ein angemessener Teil des Haushalts für die Straßenbeleuchtung zur Verfügung stehen. Die finanziellen Mittel können beispielsweise Einfluss auf die Dauer der Beleuchtung haben. Dabei ist darauf zu achten, dass durch die eingeschränkte Beleuchtung keine neue Gefahrenquelle entsteht.

## 2.2. Gütemerkmale für die Beleuchtung von Straßen und Plätzen – normative Grundlagen

Die europäische Norm für Beleuchtung im öffentlichen Verkehrsraum ist die DIN EN 13201. Der erste Teil, die DIN 13201-1 „Auswahl der Beleuchtungsklassen“ gilt nicht in der gesamten EU, weil sich die Mitgliedsländer innerhalb des europäischen Normungsgremiums nicht abschließend auf einen gemeinsamen Teil 1 verständigen konnten. In diesem Teil werden für die Bestimmung von typischen Beleuchtungssituationen im Straßenverkehr (Beleuchtungsklassen) bestimmte

---

<sup>3</sup> OLG München, Urteil vom 29. Juli 2010 - 1 U 1878/10

<sup>4</sup> OLG Köln, Urteil vom 29. Januar 1955 - 9 W 9/55; Schiebold in InfrastrukturRecht Heft 9, 2004, S. 204

Parameter wie Fahrgeschwindigkeit, die Art der Hauptnutzer, die Komplexität der Fahraufgabe sowie die Verkehrsfrequenz herangezogen.

Die Teile 2 bis 4 gelten in der gesamten EU und legen die Gütemerkmale für jede Beleuchtungsklasse fest und beschreiben, wie diese Merkmale zu berechnen bzw. zu messen sind. Die wichtigsten sind Leuchtdichte bzw. Beleuchtungsstärke einschließlich der daraus abgeleiteten Gleichmäßigkeit und die Blendungsbegrenzung.

Im Juni 2016 wurde der Teil 5 „Energieeffizienzindikatoren“ ergänzt. Darin werden zwei Bewertungsgrößen definiert, die zu einer quantitativen Bewertung möglicher Energieeinsparungen durch verbesserte Energieeffizienz führen sollen (siehe Seite 33). Leider werden dort keine Vorgaben zur Energieeffizienz gemacht, lediglich die Berechnung der Energieeffizienz wird dort beschrieben. Der Planungsaufwand für eine normgerechte Beleuchtung ist damit gestiegen, ohne zwangsläufig zu einer spürbaren Energieeffizienz zu führen.

Wichtige Punkte wie beispielsweise Adaptationsstrecken werden nicht in der DIN EN 13201 thematisiert. Hier gilt weiterhin die Vorgängernorm, die DIN 5044.

Die Beleuchtung von Fußgängerüberwegen ist zwingend gemäß DIN 67523 auszuführen.<sup>5</sup> Wesentliche Aspekte sind die Herstellung der frühzeitigen Erkennbarkeit des Fußgängerüberwegs für den Verkehr sowie einer Sichtbeziehung zwischen fließendem Verkehr und Fußgänger. Nur so ist der sichere Übertritt der Straße für den Fußgänger gewährleistet.

Die DIN-Norm für die Beleuchtung von Straßentunneln und Unterführungen (DIN 67524) ergänzt die normativen Vorgaben für die Ausführung der Beleuchtung.

Die Vorgaben der DIN-Normen sind an aktuellen technischen Standards orientiert. Da Straßenbeleuchtungsinfrastrukturen über Jahrzehnte errichtet und gewachsen sind, erfüllen diese die normativen Vorgaben in der Regel nicht. Die Umstellung einer kommunalen Beleuchtung auf eine flächendeckend normgerechte Ausführung wäre in wirtschaftlicher und ökologischer Hinsicht kaum umsetzbar. Dies hat die Rechtsprechung erkannt und stellt fest, dass die Nichteinhaltung von DIN-Normen nicht automatisch dazu führt, dass unmittelbar ein Haftungsfall angenommen werden kann. Vielmehr ist eine Einzelfallbetrachtung angezeigt.<sup>6</sup> Eine Ausnahme bilden wie oben dargestellt die Fußgängerüberwege, die zwingend normgerecht zu beleuchten sind.

---

<sup>5</sup> Weitere Planungsvorgaben liefern die „Richtlinien für die Anlage und Ausstattung von Fußgängerüberwegen (R-FGÜ 2001) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen

<sup>6</sup> OLG Hamm, Urteil vom 22. März 2004 - 13 U 198/03

### **2.3. Ökodesign-Richtlinie**

Die Ökodesign-Richtlinie (RL 2009/125/EG) ist eine europäische Richtlinie, die 2007 mit dem Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz (EVPG) in deutsches Recht umgesetzt wurde und darauf abzielt, die Energieeffizienz und die Umweltverträglichkeit von energiebetriebenen Produkten zu verbessern. Aus dem Bereich der Beleuchtung sind ineffiziente Lampen und Vorschaltgeräte betroffen, die stufenweise vom Markt genommen werden. Das heißt nicht, dass diese Produkte nicht mehr eingesetzt oder vorhandene Bestände nicht aufgebraucht werden dürfen, sondern lediglich, dass ihr Handel unzulässig wird. Aufgrund der niedrigen Energieeffizienz und des hohen Quecksilberanteils dürfen beispielsweise Quecksilberdampflampen schon seit April 2015 nicht mehr in Verkehr gebracht werden. Seit April 2017 gilt Gleiches für konventionelle Vorschaltgeräte und Natriumdampf-Hochdruck-Plug-in- bzw. Retrofit-Lampen sowie ältere Halogen-Metaldampflampen, die strengere Mindestwerte hinsichtlich Energieeffizienz und Lebensdauer nicht einhalten.

## 3. Technologie

### 3.1. Konventionelle Beleuchtungstechnologie

Als konventionell werden in der Straßenbeleuchtung Leuchten bezeichnet, die mit Gasentladungslampen, also Quecksilberdampf-, Natriumdampf-, Halogen-Metall-dampf- oder Leuchtstofflampen bestückt sind. Diese Typen unterscheiden sich insbesondere hinsichtlich Bauform, Lichtausbeute, Lichtfarbe und Lebensdauer. Prinzipiell handelt es sich aber bei allen diesen Lampentypen um Gasentladungslampen (im Unterschied zur LED, die auf Halbleitertechnik basiert). Allen Gasentladungslampen ist gemein, dass sie Licht erzeugen, indem Strom durch eine ionisierte Gasstrecke geleitet wird. Dieses Licht kann teilweise direkt verwendet werden (Quecksilberdampf-, Natriumdampf- und Halogen-Metalllampen) oder es muss mittels eines Leuchtstoffs vom ultravioletten Bereich in den sichtbaren transformiert werden (Leuchtstofflampe). Die genannten Gasentladungslampen benötigen zum Einschalten, dem so genannten „Zünden“, eine deutlich höhere Spannung als für den andauernden Betrieb. Auch muss, um Beschädigungen zu vermeiden, der fließende Strom begrenzt werden. Sowohl das Erzeugen der Zündspannung als auch die Begrenzung des Stromes wird von einem Vorschaltgerät übernommen, bei dem in zwei wesentliche Bauformen unterschieden werden kann: auf der einen Seite das konventionelle Vorschaltgerät (KVG) und das nach dem gleichen Prinzip funktionierende verlustarme Vorschaltgerät (VVG), im Wesentlichen eine Spule mit Eisenkern, und auf der anderen Seite das elektronische Vorschaltgerät (EVG), das wesentlich energiesparender arbeitet und die Lampen flimmerfrei betreibt.

Tabelle 1: Energieeffizienz von Leuchtmitteln<sup>7</sup>

Leuchtmittel	Energieeffizienz [lm/W]
Quecksilberdampflampen	50
Natriumdampf-Hochdrucklampen	90 – 150
Halogen-Metallampflampen	100 - 120
Leuchtstofflampen	100
Kompakt-Leuchtstofflampen	80

Für konventionelle Leuchten spricht, dass es sich um jahrzehntelang erprobte Systeme handelt. Zudem sind die Leuchtmittel standardisiert, sodass bei der Nachbeschaffung auf verschiedene Hersteller zurückgegriffen werden kann. Nachteilig sind die Verluste durch die Streuung des Lichts im Leuchtgehäuse, der Lichtstromrückgang während der Nutzungsdauer und eine vergleichsweise kurze Nutzlebensdauer. Bei Natriumdampflampen ist zudem zu berücksichtigen,

<sup>7</sup> (Bayerisches Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit 2009)

dass sie überwiegend gelbes Licht erzeugen, das mit einer schlechten Farb wiedergabe verbunden ist.

Die folgende Grafik zeigt den Lichtstromrückgang einer Leuchtstofflampe, die jeweils nach 16.000 Betriebsstunden ausgetauscht wird. Bei Straßenleuchten geschieht dies in der Regel im Rahmen des vierjährigen Wartungszyklus (siehe Seiten 19 und 26). Dadurch wird verhindert, vermehrt Lampen bei einem Ausfall nach dem Ende der Nutzlebensdauer austauschen zu müssen, da zu diesem Zeitpunkt die Ausfallrate der Lampen erheblich zunimmt.

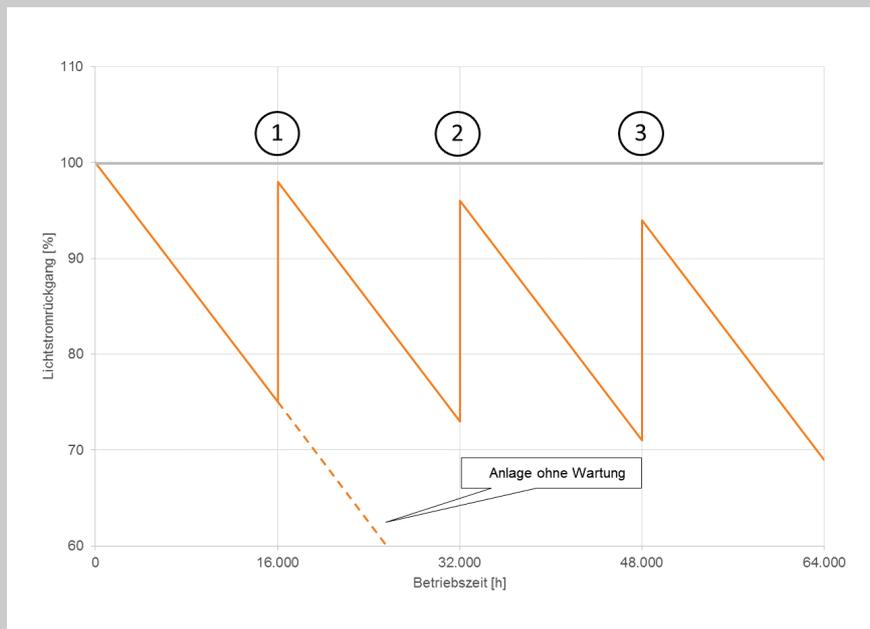


Abbildung 1: Lichtstromverlauf einer Leuchtstofflampe (T8) bei einem Lampenwechsel im Rahmen des vierjährigen Wartungszyklus<sup>8</sup>

### 3.2. LED-Technologie

In den vergangenen Jahren hat sich der Marktanteil der LED-Technik in der deutschen Straßenbeleuchtung drastisch erhöht. Wesentliche Gründe sind die hohe Energieeffizienz verbunden mit einer langen Lebensdauer der Leuchtmittel und nicht zuletzt verschiedene Förderprogramme. Weiterhin vorteilhaft ist, dass das Licht sofort nach dem Einschalten zu 100 Prozent zur Verfügung steht, dimmbar sowie beliebig schalt- und regelbar ist. Die Abstrahlung erfolgt gerichtet, das heißt, es entsteht kaum Streulicht und die Lichtlenkung kann dem Einsatzort gezielt angepasst werden. Aus Sicht des Umweltschutzes ist positiv zu bewerten, dass weniger Lichtverschmutzung entsteht (Dark-Sky-Effekt), das Licht aufgrund des fehlenden UV-Anteils insektenfreundlich ist und LED quecksilberfrei sind.

<sup>8</sup> eigene Darstellung, siehe hierzu auch (Glamox Luxo Lighting GmbH 2013)

Die anfänglichen Schwächen wie blaustichiges kaltes Licht oder eine schlechte Farbwiedergabe gibt es bei aktuellen, qualitativ hochwertigen LED-Leuchten nicht mehr. Auch der Preisunterschied zu konventionellen Leuchten hat sich reduziert. Im Temperaturverhalten unterscheiden sie sich zu konventionellen Leuchten dahingehend, dass der Lichtstrom bei sinkenden Temperaturen zunimmt.

Zu berücksichtigen ist, dass keine Praxiserfahrungen über das tatsächliche Langzeitverhalten von LED vorliegen. Des Weiteren hat sich keine Normung der LED-Leuchtmittel durchgesetzt, bei einem Austausch der LED-Module ist man also auf den Leuchtenhersteller angewiesen. Das so genannte Zhaga-Konsortium, ein Zusammenschluss von Unternehmen aus der Lichtbranche, hat zwar Spezifikationen entwickelt, die die Austauschbarkeit von LED-Lichtquellen verschiedener Hersteller sicherstellen sollen, durchgesetzt hat sich das Prinzip in der Straßenbeleuchtung (bisher) aber nicht. Auf Wunsch können in der Regel dennoch Leuchten mit Zhaga-Modul geliefert werden.

Zusammengefasst bietet die heutige Beleuchtungstechnologie dem Anwender eine Reihe neuer Möglichkeiten. Die individuelle Anpassung der Lichtverteilung und des Lichtstroms auf den Anwendungsfall sowie gegebenenfalls der Einsatz von Lichtmanagementsystemen machen aber die Planung deutlich aufwendiger. Im Folgenden wird ein Überblick über die wesentlichen technischen Themenbereiche gegeben, die bei Planung und Ausschreibung berücksichtigt werden sollten.

### 3.3. Technische Eigenschaften

Eine Vielzahl technischer Eigenschaften ist bei der Anschaffung von Straßenleuchten zu berücksichtigen und im Rahmen einer Ausschreibung im Leistungsverzeichnis vorzugeben. Im Einzelnen ist die Vorgabe der folgenden Eigenschaften besonders anzuraten:

Zunächst ist festzulegen, ob eine Leuchte **gestalterische Vorgaben** erfüllen muss. In Altstädten, Fußgängerzonen oder Wohngebieten werden beispielsweise Laternen, Stelen oder Pilzleuchten eingesetzt, an anderen Stellen sind rein technische Leuchten wie etwa Kofferleuchten ausreichend.

Die **Wartungsfreundlichkeit** ist entscheidend für den Betrieb. Sind Leuchtmittel und Betriebsgerät werkzeuglos oder zumindest werkzeugarm auswechselbar, reduziert sich der Zeitaufwand im Schadensfall und bei der Instandhaltung. Bei LED-Leuchten sollte aus Nachhaltigkeitsgründen darauf geachtet werden, dass Modul und Elektroblock getrennt voneinander wechselbar sind. Bei einigen Herstellern sind die Bauteile nicht einzeln austauschbar, da die Leuchten für die gesamte Nutzungsdauer ausgelegt sind. Dies sollte der Hersteller durch entsprechende Garantien unterlegen.

Das **optische System** wird bei konventionellen Leuchten durch die Form des Leuchtmittels sowie die Form und Anordnung von verstellbaren Reflektoren bestimmt. Die Variabilität der Lichtverteilung und die Anpassung der Lichtverteilung auf den Einsatzzweck sind somit eingeschränkt. Diese Form der Lichtlenkung ist verlustbehaftet und wird bei der LED-Technik kaum noch praktiziert. Positiv wird beim Reflektorprinzip jedoch oft das „weiche“ Auslaufen der Lichts beurteilt.

Bei LED-Leuchten kommen inzwischen überwiegend **Linsen** zum Einsatz, die passgenaue Beleuchtungslösungen in Form verschiedener Lichtverteilungskurven (LVK) und eine fast verlustfreie Lichtlenkung erlauben. Bei diesen Optiken, mit denen unterschiedliche Lichtverteilungskurven realisiert werden können, handelt es sich um herstellergebundene Produkte, eine Kompatibilität zwischen verschiedenen Fabrikaten besteht somit nicht. Um die Typenvielfalt und den Planungsaufwand zu begrenzen, sollte eine Standardoptik gewählt werden, die einen Großteil der Beleuchtungssituationen abdeckt. Andere Optiken sollten nur in Sondersituationen eingesetzt werden.

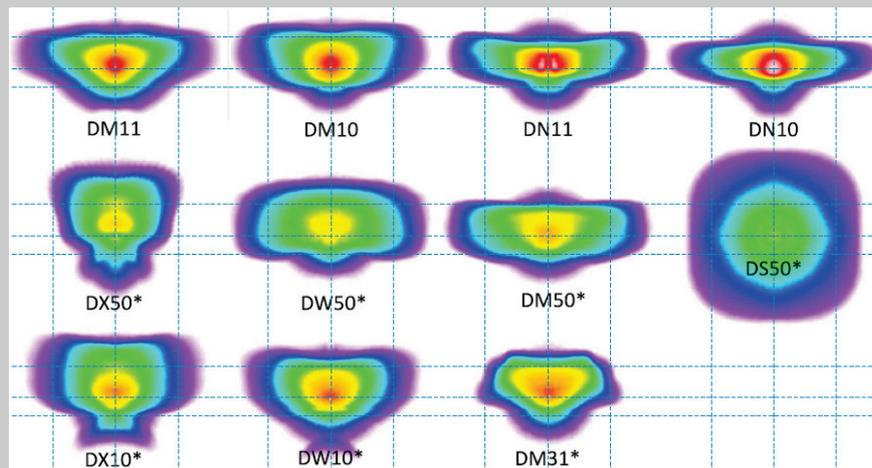


Abbildung 2: Lichtverteilungen im Vergleich („Optiperfect“-Isoluxkurven) - Philips Lighting GmbH

Die **Lichtfarbe** kann unter anderem durch die **Farbtemperatur** und die **Farbwiedergabe** definiert werden. Bei der Farbtemperatur wird zwischen warmweiß (unter 3.300 K), neutralweiß (3.300 bis 5.300 K) und kaltweiß/tageslichtweiß (über 5.300 K) unterschieden.

Der Farbwiedergabeindex  $R_a$  beschreibt die Qualität der Farbwiedergabe. Optimal ist ein  $R_a$  von 100, der dem Tageslicht oder dem Licht von Glühlampen entspricht. Für LED-Leuchten ist ein  $R_a$  von 80 ohne Weiteres erreichbar.

Die Lichtfarbe wird üblicherweise in einer dreistelligen Zahlenkombination zusammengefasst, die in der Regel Bestandteil der Typenbezeichnung einer Leuchte ist. Die erste Ziffer steht für den Farbwiedergabeindex, die zweite und dritte Ziffer stehen für die Farbtemperatur. So beschreibt zum Beispiel die Zahl 730 Licht mit einem  $R_a$  von 70 und 3000 K.

Der **Lampenlichtstrom** mit der Einheit Lumen (lm) benennt den vom Leuchtmittel ausgehenden Lichtstrom. Nach Abzug der Reflexionsverluste im Leuchtgehäuse bleibt ein nutzbarer Anteil übrig, der **Leuchtenlichtstrom**. Das daraus resultierende Verhältnis wird durch den **Leuchtenwirkungsgrad** beschrieben, der bei konventionellen Leuchten, abhängig von den lichttechnisch relevanten Materialien, zwischen 0,45 und 0,7 liegen kann. Bei mit Linsen ausgestatteten LED-Leuchten liegt die Differenz zwischen Leuchten- und Lampenlichtstrom nur bei wenigen Prozent.

Die **Energieeffizienz** ist in der Lichttechnik der Quotient aus Lichtstrom und eingesetzter Energie mit der Einheit Lumen pro Watt (lm/W). In der Straßenbeleuchtung sind Werte über 100 lm/W inzwischen Standard.

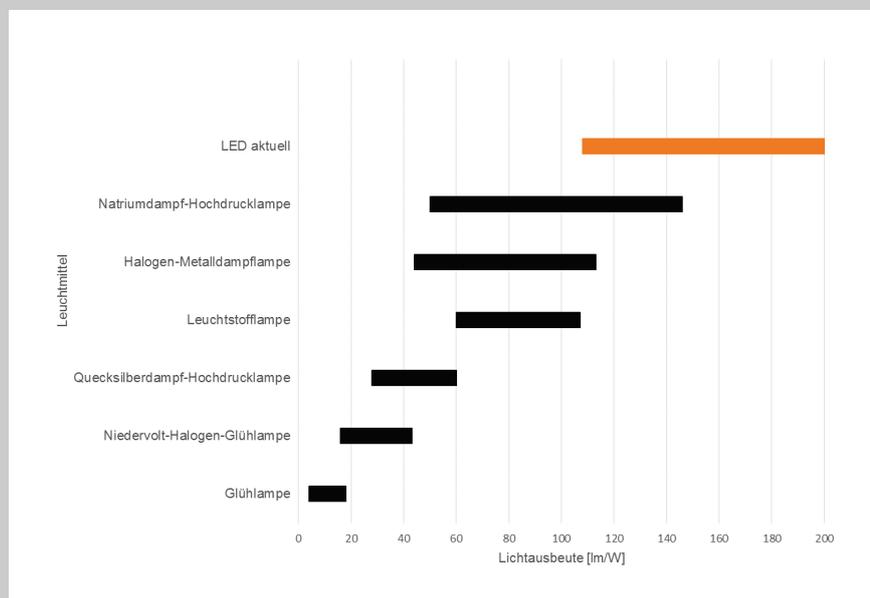


Abbildung 3: Energieeffizienz verschiedener Leuchtmittel<sup>9</sup>

Eine **Leistungs- und damit auch Lichtstromreduzierung** (siehe hierzu auch Seite 23) bietet Energieeinsparpotenzial in verkehrsschwachen Zeiten. Die technische Umsetzung ist auf verschiedene Art möglich. In konventionellen Straßenbeleuchtungsanlagen ist oft eine Schaltphase vorhanden, die stromlos geschaltet wird, wenn weniger Licht benötigt wird. Bei Lichtpunkten mit zwei Leuchten wird auf diese Weise eine ausgeschaltet, entsprechend bei zweilampigen Leuchten ein Leuchtmittel. Steht nur eine Lampe je Leuchtstelle zur Verfügung, besteht zum Beispiel bei Natriumdampf-Hochdrucklampen die Möglichkeit, mittels einer zweiten Anzapfung die Leuchte in Teillast zu betreiben. Diese „klassischen“ Formen der Halbnachtschaltung werden durch den Einsatz von LED-Leuchten deutlich erweitert, weil die Anzahl der Dimmstufen und die Schaltzeiten in Verbindung

<sup>9</sup> eigene Darstellung, siehe hierzu auch (TRILUX GmbH & Co. KG 2017)

mit der entsprechenden Schalt- und Regelungstechnik nahezu beliebig festgelegt werden können.

LED-Module werden durch die Bestromung oder hohe Außentemperaturen erwärmt. Ohne ein effektives **Kühlmanagement** reduzieren sich Lebensdauer und Energieeffizienz der LED. Dieser Zusammenhang spiegelt sich in den Garantiezusagen der Hersteller wider.

Leuchten sind in der **Schutzklasse** (SK) I oder II erhältlich. Stärker verbreitet ist die Schutzklasse II. Schutzklasse I bedeutet, dass im Gegensatz zur Schutzklasse II der Schutzleiter in der Leuchte aufgelegt wird. Nach aktuellen Erkenntnissen lässt sich ein höherwertiger Schutz vor Überspannungen derzeit nur in Leuchten mit Schutzklasse I realisieren, da das Potential über den Schutzleiter abgeleitet werden kann.

Leuchten für den Außenbereich sind, wie alle elektrischen Geräte, in verschiedenen **Schutzarten** erhältlich, mittels derer die Dichtigkeit gegenüber dem Eindringen von Stoffen klassifiziert wird. Die Bandbreite reicht im Wesentlichen von IP54 (geschützt gegen Staub in schädigender Menge und Schutz gegen allseitiges Spritzwasser) bis IP68 (staubdicht und Schutz gegen dauerndes Untertauchen). Hierbei bezeichnet die erste Ziffer den Schutz gegen Fremdkörper und die zweite den Schutz gegen Wasser. Bei technischen LED-Leuchten ist IP65 inzwischen Standard.

Die **Schlagfestigkeit** wird mit dem IK-Wert angegeben. Er reicht von IK00 (kein Schutz gegen mechanischen Schlag) bis IK10 (Schutz gegen groben Vandalismus).

Die **DALI-Schnittstelle** ist eine standardisierte Schnittstelle für elektronische Vorschaltgeräte (EVG) über die Licht geschaltet und gedimmt werden kann. Die Abkürzung steht für „Digital Addressable Lighting Interface“. Demnach können einzelne oder Gruppen von Leuchten individuell angesteuert werden.

Elektronische Betriebsgeräte und LED-Module müssen gegen Überspannungen geschützt werden. Überspannungen durch Schaltheftungen können zum Beispiel mit einem 6-kV-**Überspannungsschutz** sicher beherrscht werden. Insbesondere gegen Blitzeinschläge im Netz empfehlen Hersteller von Überspannungsschutzeinrichtungen zusätzlich zum Schutz in der Leuchte einen weiteren Ableiter im Sicherungskasten oder der Schaltstelle.

Der **Neigungswinkel** der Leuchten sollte möglichst flexibel sein, da er die Lichtverteilung von LED-Leuchten stark beeinflusst. Dies gilt insbesondere bei Peitschenmasten und großen Abständen der Masten vom Fahrbahnrand. Für Aufsatzleuchten sind Winkel zwischen 0 und 10 Grad und bei Ansatzleuchten zwischen 0 und -10 Grad Mindeststandard.

Bei der Fertigung kommen unterschiedliche **Materialien** zum Einsatz. Dass eine Leuchte mit einem Aluminiumdruckgussgehäuse und einem Abschlussglas aus Einscheibensicherheitsglas (ESG) qualitativ und preislich nicht mit einer Kunststoffleuchte vergleichbar ist, sollte berücksichtigt werden.

Die **Farbe** einer Leuchte kann in der Regel frei aus dem RAL-Farbkatalog gewählt werden. Preisunterschiede gibt es im Allgemeinen nicht. Lackierungen mit erhöhtem Korrosionsschutz wie solche für den küstennahen Einsatz sind dagegen teurer.

### 3.3.1. Anlagengeometrie

Der korrekten Erfassung der Anlagengeometrie kommt insbesondere bei der Planung von LED-Systemen eine hohe Bedeutung zu, da deren Licht gerichtet ist und die beleuchteten von den unbeleuchteten Zonen oft scharf abgegrenzt sind. Die Anlagengeometrie ist Grundlage für lichttechnische Berechnungen und ist für Standardstraßen durch folgende Parameter definiert:

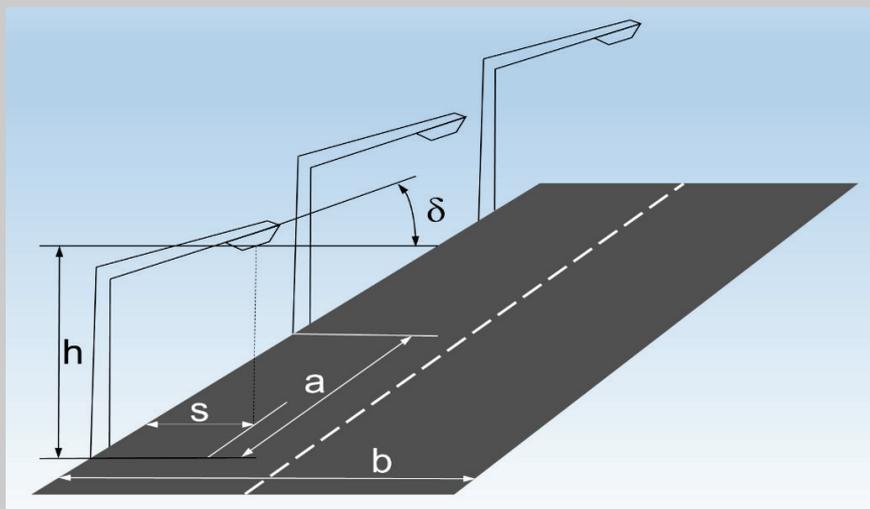


Abbildung 4: geometrische Daten der Leuchtenanordnung<sup>10</sup>

- Breite, Anordnung und Anzahl von Fahrbahnen, Geh- und Radwegen, Park- und Grünstreifen
- Lichtpunkthöhe  $h$ : lotrechter Abstand zwischen dem Mittelpunkt der Lichtaustrittsfläche und der Fahrbahnoberfläche
- Lichtpunktstand  $a$ : Abstand zwischen zwei Lichtpunkten auf einer Fahrbahnseite
- Anordnung der Lichtpunkte: ein- oder beidseitig der Leuchte, im letzteren Fall versetzt oder gegenüberliegend

<sup>10</sup> eigene Darstellung, siehe hierzu auch (DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2016)

- Lichtpunktüberhang  $s$ : Abstand des Lotpunkts des Lichtaustritts zur Fahrbahnbegrenzung
- Neigungswinkel  $\delta$ : Winkel zwischen Lichtaustrittsebene der Leuchte und Fahrbahnoberfläche

Diese Parameter müssen bei der Modernisierung oder dem Neubau einer Straßenbeleuchtungsanlage berücksichtigt und optimiert werden.

### 3.3.2. Lichttechnische Kriterien

Leuchten sind unter Berücksichtigung der lichttechnischen Anforderungen auszuwählen. Die wesentlichen Größen sind die Beleuchtungsstärke und die Leuchtdichte, die damit verbundenen Gleichmäßigkeiten, die Blendung und das Umgebungslichtstärkeverhältnis. Anhaltspunkte über geeignete Werte liefert die Norm DIN EN 13201. Besondere Bedeutung ist den **Gleichmäßigkeiten** zuzumessen, da sie die Charakteristik der Hell-Dunkel-Zonen beschreiben. Diese sind zu minimieren, weil sie dem Verkehrsteilnehmer das Erkennen von Gefahren erschweren, da sich das Auge zeitverzögert dem jeweiligen Beleuchtungsniveau anpasst. Selbst bei großen Mastabständen lässt sich bei entsprechenden Lichtpunkthöhen mit LED-Leuchten inzwischen eine homogene Ausleuchtung erzielen. Gegenüber konventionellen Leuchten kann deshalb bei der Neuplanung einer Anlage die Lichtpunktanzahl reduziert werden.



Abbildung 5: ungleichmäßige Beleuchtung vor (links) und gleichmäßige Beleuchtung mit weniger Streulicht nach (rechts) einer Sanierung<sup>11</sup>

Für eine Gegenüberstellung verschiedener Leuchten mittels lichttechnischer Berechnungen müssen die Rahmenbedingungen vergleichbar sein. Das heißt im

---

<sup>11</sup> (Stadt Coesfeld 2017)

Einzelnen: Die Straßengeometrie und das verwendete Berechnungsraster müssen übereinstimmen. Gleiches gilt im Fall von Leuchtdichteberechnungen auch für den Reflexionsgrad der Fahrbahnoberfläche.

Der Wartungsfaktor ist produktabhängig. Er gibt an, inwieweit eine Anlage bei der Planung überdimensioniert sein muss, damit sie bei der Wartung noch die geforderte Beleuchtungsstärke beziehungsweise Leuchtdichte aufweist. Berücksichtigt werden müssen die Faktoren **Lichtstromrückgang, Ausfallrate der Leuchtmittel** und Verschmutzungsgrad. Insbesondere die beiden Erstgenannten sind kritisch zu hinterfragen, da es sich um Herstellerangaben handelt.

Welches Beleuchtungsniveau geeignet ist, sollte vom Anwendungsfall abhängig gemacht werden. Bei der Modernisierung einer Straßenbeleuchtungsanlage kann das Beleuchtungsniveau der Altanlage als Maßstab genommen werden, das mindestens zu erreichen ist. Wenn dies als „nicht ausreichend“ eingeschätzt wird, sollte die Planung am tatsächlichen Bedarf orientiert sein. Hier kann die Norm DIN EN 13201 mehr eine Orientierung als eine Planungshilfe sein, da sie einen sehr hohen Beleuchtungsstandard setzt.

### 3.3.3. Alterung und Ausfallrate von Leuchten

Bei Entladungslampen lässt der Lichtstrom mit der Zeit nach. Das Ausmaß ist unter anderem abhängig vom Leuchtmitteltyp und vom verwendeten Betriebsgerät. Die Nutzdauer gibt an, nach welcher Zeit der Lichtstrom auf einen bestimmten Prozentsatz, üblicherweise 70 beziehungsweise 80 Prozent des Ausgangswertes, zurückgegangen ist. Sie hängt unter realen Betriebsbedingungen von den Faktoren Lampenart und Lampenleistung, Leuchtstoffart, Art des Schaltkreises, Art des Vorschaltgerätes (KVG/VVG, EVG), Spannungsversorgung und Schaltrhythmus ab. Ursache sind Alterungsprozesse, auch Degradation genannt, im Leuchtmittel.

Eine Lebensdauerangabe bis zum endgültigen Ausfall konventioneller Leuchtmittel ist in der Straßenbeleuchtung unpraktikabel, weil die Leuchtmittel in der Regel alle vier Jahre ausgetauscht werden. So werden die Ausfallrate und die damit verbundenen Wartungskosten für die Störungsbeseitigung begrenzt. Es ist aus wirtschaftlichen Gründen üblich, dass der Lampentausch im Rahmen der für Straßenleuchten vorgeschriebenen Turnuswartung<sup>12</sup> erfolgt, die die elektrische Sicherheit der Straßenbeleuchtungsanlage sicherstellen soll.

---

<sup>12</sup> nach DGUV Vorschrift 3 (DGUV - Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung 1997)

Tabelle 2: Orientierungswerte für die Nutzlebensdauer einiger Lampenarten<sup>13</sup>

Leuchtmittel	Rückgang Lichtstrom auf	Nutzlebensdauer [h]
Quecksilberdampflampen	70 %	16.000
Natriumdampf-Hochdrucklampen	70 %	12.000 bis 16.000 (mit Leistung ansteigend)
Halogen-Metallampflampen	70 %	6.000 bis 10.000 (mit Leistung ansteigend)
Leuchtstofflampen	80 %	10.000 (bei EVG bis 18.000)
Kompakt- Leuchtstofflampen	80 %	6.000 (bei EVG bis 9.000)

Auch bei LED-Leuchtmitteln lässt der Lichtstrom alterungsbedingt nach. Dem kann jedoch mit der so genannten Lichtstromkonstanthaltung entgegengewirkt werden. Dabei wird der Strom nachgeführt, also während der Nutzungsdauer der Leuchte kontinuierlich so erhöht, dass der Rückgang des Lichtstroms kompensiert wird. Dieses Verfahren hat Grenzen, weil ein höherer Strom die Lebensdauer der LED verkürzt oder sie irreparabel beschädigen kann. Weitere Ursachen für die Alterung der Halbleiter sind unter anderem zu hohe elektrische Spannungen, mechanische Kräfte, unzureichendes Temperaturmanagement oder Feuchtigkeit. Im Gegensatz zu konventionellen Lampen hat die Schalzhäufigkeit keinen Einfluss auf den Lichtstromrückgang.

Die Energieeffizienz wird mit dem Rückgang des Lichtstroms beziehungsweise durch die Nachführung des elektrischen Stroms bei einer Lichtstromkonstanthaltung im Laufe der Zeit schlechter. Für einen aussagekräftigen Vergleich von LED-Leuchten ist es deshalb immer erforderlich, die Entwicklung des Lichtstroms oder bei einer Lichtstromkonstanthaltung die mittlere Systemleistung über einen definierten Zeitraum wie die Garantiedauer abzufragen.

Bei LED-Systemen spricht man von Bemessungslebensdauer und beschreibt sie nach einer einheitlichen Syntax. So bedeutet die Angabe **L70 B10 - 30.000 h** beispielsweise, dass vom Leuchtmittel nach 30.000 Betriebsstunden noch 70 Prozent des Anfangslichtstroms abgegeben werden, dass bei 10 Prozent der Leuchtmittel dieser Wert jedoch unterschritten wird. Teilweise wird noch ein „C-Wert“ ergänzt, der den Anteil der Totalausfälle am Ende der Bemessungslebensdauer angibt. Dieser Wert hat nur wenig Relevanz, da ein vollständiger Ausfall normalerweise erst nach einem weit fortgeschrittenen Lichtstromrückgang auftritt.

---

<sup>13</sup> (TRILUX GmbH & Co. KG 2017)

Da kein Hersteller LED über längere Zeiträume testen kann, werden Messungen in kleineren zeitlichen Umfängen durchgeführt und entsprechend einer Norm extrapoliert.

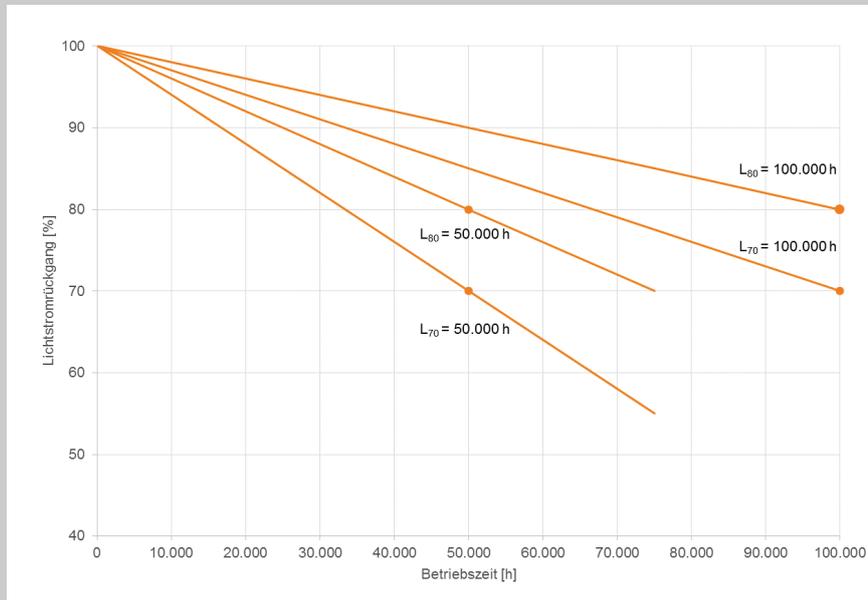


Abbildung 6: beispielhafte Lichtstromrückgänge für unterschiedliche Bemessungslebensdauern  $L_x$ <sup>14</sup>

### 3.3.4. Produktqualität

Wie jedes elektrische Produkt sollten Leuchten eine VDE<sup>15</sup>- bzw. ENEC<sup>16</sup>-Kennzeichnung haben. Diese Zertifizierungen besagen, dass die Leuchten einschlägige Sicherheitsnormen und Leistungsprüfungsanforderungen erfüllen, insbesondere dass die Herstellung nach den anerkannten Regeln der Technik erfolgte und die Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften eingehalten werden. So zertifizierte Leuchten können ohne weitere Prüfung bestimmungsgemäß verwendet werden.

Das meist beachtete Qualitätskriterium ist die Energieeffizienz (siehe Seite 15). Bei den Herstellerangaben ist darauf zu achten, dass die Lichtausbeute bezogen auf das gesamte Leuchtensystem angegeben ist, nicht nur die Lichtausbeute des verbauten LED-Moduls. Es reicht jedoch nicht aus, ausschließlich die Energieeffizienz zu betrachten. Um Vergleichbarkeit herzustellen, muss die Frage lauten: Welche elektrische Leistung benötigt eine komplette Leuchte bei den vorgegebenen Parametern Mastabstand, Masthöhe und Fahrbahnbreite um das geforderte Beleuchtungsniveau zu erreichen. Deshalb sind lichttechnische Berechnungen vor der Beschaffung immer sinnvoll.

<sup>14</sup> eigene Darstellung, siehe hierzu auch (TRILUX GmbH & Co. KG 2017)

<sup>15</sup> Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.

<sup>16</sup> European Norms Electrical Certification

Eine Lebensdauer **L80 B10 - 50.000 h** sollte bei LED-Leuchten erreicht und nach Möglichkeit durch Herstellergarantien bestätigt werden. Bei durchschnittlich 4.000 Jahresbetriebsstunden entspricht das einer statistischen Nutzungszeit von 12 bis 13 Jahren.

Die LED-Module und das Betriebsgerät sollten werkzeuglos oder zumindest werkzeugarm austauschbar sein und das nach Möglichkeit getrennt voneinander. Einwegleuchten oder Leuchten, die im Schadensfall demontiert und im Herstellerwerk repariert werden müssen, sind aber weiterhin am Markt erhältlich. Da die übliche Leuchtennutzungsdauer bei mindestens 25 Jahren liegt, der verbauten Elektronik und den LED-Modulen aber nur eine Lebensdauer von 10 bis maximal 15 Jahren zugebilligt wird, ist die Problematik offensichtlich.

Standard bei LED-System ist heute die sogenannte **Multi-Layer-Technik**. Dabei sind die Linsen so gefertigt, dass jede einzelne LED den gleichen Bereich anstrahlt und nicht etwa nur eine Teilfläche. Beim Ausfall einzelner Halbleiter bleibt die Beleuchtung dadurch homogen und es entstehen keine Dunkelzonen.

### **3.3.5. Bewertung von Retrofit- und Umrüstsätzen**

Unter Retrofit wird die Modernisierung einzelner Bauteile verstanden. In der Regel werden konventionelle Lampen inklusive der Betriebsgeräte gegen ein LED-System ausgetauscht, um die Energieeffizienz zu steigern. Diese Maßnahme ist elektrotechnisch einfach umzusetzen und wirtschaftlich sinnvoll, wenn das Leuchtengehäuse noch intakt ist. Nachteilig kann sich in der Praxis auswirken, dass die Reflektoren oder Spiegel im Leuchtenkörper und die Wärmeableitung über das Gehäuse für den Einsatz einer konventionellen Lampe optimiert sind. Mögliches Resultat: ein verschlechtertes lichttechnisches Ergebnis bei vergleichsweise kurzer LED-Lebensdauer.

Gravierender ist jedoch, dass eine Leuchte nach der Umrüstung in aller Regel ihre VDE- bzw. ENEC-Zulassung verliert. Somit wird die Einhaltung der Sicherheitsstandards nicht mehr bescheinigt. Da Straßenleuchten im öffentlichen Raum betrieben werden, ist schon aus haftungsrechtlichen Gründen von dieser Lösung abzuraten. Die Zertifizierung einer Retrofit-Leuchte ist zwar möglich, aber zeitaufwendig und im Allgemeinen unwirtschaftlich.

Eine Alternative bieten Umrüstsätze, die hauptsächlich für dekorative Leuchten wie Laternen- oder Glockenleuchten konzipiert sind. Dabei handelt es sich um vorgefertigte Bausätze, die über eigene Anschlussklemmen verfügen und selbstständig als Leuchte zertifiziert sind. Meist handelt es sich um LED-Umrüstsätze, die hinsichtlich der Bauform sehr flexibel sind und so in nahezu alle Bestandsleuchten integriert werden können. Die Altleuchte selbst verliert ihre elektrotechnische Funktion und benötigt keine Zertifizierung mehr. Auf diese Weise lassen

sich zum Beispiel solche Altstadtleuchten, die eigens für eine Kommune angefertigt wurden, weiterhin wirtschaftlich nutzen.

### 3.4. Schaltung und Steuerung

Ein bewährtes Verfahren zur Schaltung einer Straßenbeleuchtungsanlage ist der Einsatz von Dämmerungsschaltern in Verbindung mit einer Rundsteuerung. Die Sensoren werden entweder an geeigneten Orten in der Kommune installiert oder an zentraler Stelle von einem Energiedienstleister, der gegen Entgelt auch die erforderlichen Ein- und Ausschaltsignale steuert, zur Verfügung gestellt.

Ausgelöst durch das Unter- oder Überschreiten eines definierten Niveaus der natürlichen Helligkeit wird ein Impuls über das Netz zu den Tonfrequenz-Rundsteuerempfängern in den Schaltstellen oder vereinzelt auch direkt zu Empfängern in den Leuchtstellen gesendet, die die Beleuchtungsanlage schalten. Ist das Straßenbeleuchtungskabel vier- oder fünfadrig, kann eine Phase als so genannte Steuer- oder Schaltphase genutzt werden. Abhängig davon, ob an dieser Phase Spannung anliegt oder nicht, findet ein Umschalten zwischen vollem und reduziertem Beleuchtungsniveau statt.

Konkret wird eine Schaltphase dazu genutzt, um während verkehrsschwacher Zeiten ein vermindertes Beleuchtungsniveau, eine Halbnachtschaltung, zu realisieren. Bei zweilampigen Leuchten wird dann eine Lampe ausgeschaltet. Bei Hochdrucklampen wird die Leistungsreduzierung über die separate Phase in Verbindung mit der bereits erwähnten Anzapfung realisiert. Die Leistungsaufnahme vermindert sich so um 50 Prozent bei gleichzeitigem Lichtstromrückgang von etwa 30 Prozent. LED-Leuchten können über eine Steuerphase ebenfalls gedimmt werden und zwar auf ein nahezu beliebiges Niveau. Nachteil: Über dieses Verfahren können nur zwei Beleuchtungsniveaus realisiert werden.

In der jüngeren Vergangenheit wurde in einigen Kommunen das Tonfrequenz-Rundsteuersignal vom Netzbetreiber gekündigt. Insbesondere bei einem Betreiber- oder Stromanbieterwechsel kann davon ausgegangen werden, dass diese Art der Steuerung nicht mehr dauerhaft zur Verfügung stehen wird.

Alternativ kann eine Funkrundsteuerung eingesetzt werden. Bei beiden Verfahren wird über zusätzliche Zeitschaltuhren gewährleistet, dass die Straßenbeleuchtung nicht tagsüber wetterbedingt oder aufgrund eines Defekts eingeschaltet wird.

Wenn kein separates Straßenbeleuchtungsnetz existiert und die Leuchtstellen direkt an das Niederspannungsnetz angeschlossen sind, müssen die Leuchten direkt, zum Beispiel über Funk, angesteuert oder über einen sogenannten Beidraht geschaltet werden.

Eine Nachtabsenkung kann auch in der Leuchte autark erfolgen. Dazu wird zunächst über die Ein- und Ausschaltzeitpunkte eine virtuelle Mitternacht ermittelt. Davon ausgehend können vorprogrammierte Dimmprofile durchlaufen werden.

Auch eine komplette Nachtabschaltung wird praktiziert. Jede zweite Leuchtstelle zur Energieeinsparung auszuschalten ist aufgrund der entstehenden Hell-Dunkelzonen grundsätzlich nicht zu empfehlen.

### 3.5. Regelung

Regelung in der Straßenbeleuchtung bedeutet, dass das Beleuchtungsniveau abhängig von einer Eingangsgröße, etwa dem Verkehrsaufkommen, eingestellt wird. Hier ist als Beispiel das „mitlaufende Licht“ zu nennen, das über Bewegungsmelder die Verkehrsteilnehmer erfasst und dann deren Umgebung beleuchtet. Bisher existieren nur wenige Pilotprojekte mit dieser Technologie (z.B. Düsseldorf, St. Gallen<sup>17</sup>). Entladungslampen sind aufgrund der Einschaltverzögerung und der erforderlichen Kühlzeit vor einem erneuten Einschalten für eine Schaltung mit Bewegungsmeldern nicht geeignet.

### 3.6. Lichtmanagement

Lichtmanagementsysteme gehen noch einen Schritt weiter. Hier verfügt meist jede Leuchte über einen Controller, der zum Beispiel durch Funk oder über Powerline, also über das Stromnetz, angesteuert wird. So können die Lichtpunkte individuell adressiert werden und im Störfall erfolgt umgekehrt eine Rückmeldung an das System. Gerade im Zusammenhang mit der LED-Technik ergeben sich vielfältige Möglichkeiten. So wird die Beleuchtung individualisiert, also auf die konkrete Beleuchtungsaufgabe zeitgenau angepasst. Dadurch wird der Beleuchtungskomfort erhöht und Energie gespart. Über die Wirtschaftlichkeit solcher Systeme ist damit aber noch keine Aussage gemacht.

Einen weiteren Mehrwert liefert die Verknüpfung mit einem Management-Informationssystem, das die technischen Daten der Leuchtstelle, ihren Energieverbrauch, ihren Wartungszustand sowie weitere Parameter verwaltet.

Aus der Kombination der Straßenbeleuchtung mit Funknetzen (WLAN), Ladestationen für Elektromobilität oder einer Parkraumüberwachung, ergeben sich weitere Zusammenhänge, die unter dem Begriff „Smart City“ zusammengefasst werden.

---

<sup>17</sup> (Etter 2015)

## 4. Modernisierung der Straßenbeleuchtung

### 4.1. Istanalyse / Bestandserfassung

Voraussetzung für eine erfolgreiche Modernisierungsstrategie ist eine detaillierte Ist-Analyse der Straßenbeleuchtungsanlage. Dafür sind ein aktuelles Leuchtstellenregister und Berichte des betriebsführenden Unternehmens heranzuziehen. Liegen diese Informationen nicht vor, müssen sie im Vorfeld ermittelt werden.

Zunächst ist eine Untersuchung der Altersstruktur ratsam, um einen Modernisierungstau rechtzeitig zu erkennen und abzubauen. Dabei ist von folgenden Lebensdauern auszugehen:

• Leuchten	25 - 30 Jahre
• Masten	50 Jahre
• Straßenbeleuchtungsnetz	60 Jahre

Die Altersstruktur der Straßenbeleuchtungsanlage sollte ausgewogen sein. Viele Kommunen erwarten aufgrund eines starken Ausbaus der Straßenbeleuchtungsanlagen in den 1970er Jahren in naher Zukunft ein erhöhter Modernisierungsbedarf. Dies betrifft insbesondere die Tragsysteme, die mit einer üblichen Nutzungsdauer von 50 Jahren bald saniert werden müssen. Dieser Sanierungstau ist zu erkennen und abzubauen.

In einem zweiten Schritt ist der jährliche Energieverbrauch je Leuchtstelle zu ermitteln. Dabei sind die Systemleistung der Leuchten, also die Summe der Leistungen von Lampen und Vorschaltgeräten, die jährlichen Betriebsstunden und gegebenenfalls die Dauer eines abgesenkten Beleuchtungsniveaus heranzuziehen. Mit den Modernisierungsalternativen, die von Herstellern und Lichtplanern vorgeschlagen werden, ist ebenso zu verfahren. Ein Vergleich der Energieverbräuche der Varianten liefert einen ersten Anhaltspunkt für mögliche Einsparungen.

Auf dieser Basis sollten die Maßnahmen priorisiert werden. Dazu gibt die folgende Tabelle Empfehlungen. Ist eine Modernisierung technisch unbedingt erforderlich, besteht unmittelbarer Handlungsbedarf (Sanierungsphase I). Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn bisher eingesetzte Lampen oder Vorschaltgeräte von einem Handelsverbot betroffen sind. Energetisch und wirtschaftlich sinnvolle Maßnahmen sind der zweiten Sanierungsphase zuzuordnen. In einem dritten Schritt sind technisch in naher Zukunft erforderliche und energetisch sinnvolle Modernisierungen umzusetzen, die aber nicht zwingend wirtschaftlich sein müssen.

Tabelle 3: Empfehlungen zur Priorisierung von Sanierungsmaßnahmen<sup>18</sup>

Bewertungskriterium	Priorität	Sanierungsphase
technisch unbedingt erforderlich	hoch	I
energetisch und wirtschaftlich sinnvoll	hoch	II
technisch in absehbarer Zeit erforderlich und energetisch sinnvoll, aber nicht wirtschaftlich	mittel	III
energetisch sinnvoll, aber nicht wirtschaftlich	niedrig	keine Sanierung
technisch in absehbarer Zeit erforderlich, mit nur geringen energetischen und wirtschaftlichen Effekten	niedrig	keine Sanierung

## 4.2. Wirtschaftliche Einsparpotenziale

Bei Modernisierungen ergeben sich stets Einsparungen. Die verschiedenen (Betreiber-?) Modelle berücksichtigen dabei jeweils unterschiedliche Aspekte.

Eine Straßenbeleuchtungsanlage muss kontrolliert, gewartet und instand gesetzt werden. Diese Leistung wird in deutschen Kommunen oft von einem Dienstleister wahrgenommen, der in der Regel eine Pauschale pro Lichtpunkt und Jahr für Betrieb und Instandhaltung erhält. Teile dieser Leistung sind insbesondere das Instandsetzen ausgefallener Leuchten sowie die regelmäßige Turnuswartung nach DGUV (siehe Seite 19). Einsparpotenzial bergen zumindest in der ersten Zeit nach einer Modernisierung beide Bereiche:

Das Instandsetzen von Leuchtstellen ist, auch wenn nur das Leuchtmittel getauscht werden muss, für einen Dienstleister recht kostenintensiv. Ein bis zwei Monteure mit Einsatzwagen müssen zur Leuchtstelle fahren, die Ursache der Störung feststellen und sie beheben. Durch den Einsatz von LED-Leuchten ist aufgrund der längeren Lebensdauer eine Verringerung dieser Einsätze zu erwarten.

Bei der regelmäßigen Turnuswartung wird bei konventionellen Leuchten das Leuchtmittel getauscht. Dies entfällt aufgrund der längeren Lebensdauer von LED-Modulen zumindest bei einigen dieser Wartungen. Die einzelne Wartung wird hierdurch weniger aufwendig. Aufgrund der höheren Kosten von LED-Austausch-Modulen gegenüber den Kosten für konventionelle Lampen kann sich diese Einsparung allerdings auch neutralisieren oder zu einer Kostenerhöhung führen – hier ist eine einzelfallbezogene Betrachtung der Lebenszykluskosten erforderlich.

<sup>18</sup> Quelle: switch.on energy + engineering gmbh

Unabhängig davon wird gegenwärtig diskutiert, ob die Turnuswartung bei LED-Leuchten nach wie vor alle vier Jahre erfolgen muss oder ob hier eine Verlängerung des Wartungszyklus in Betracht kommt, um einen wirtschaftlichen Vorteil erzielen zu können.

Bei aktuellen Ausschreibungen kann beobachtet werden, dass Bieter bereit sind, für LED-Leuchtplätze eine geringere Pauschale anzubieten als für konventionelle Anlagen. Die Einsparung beträgt durchschnittlich etwa 10 Prozent oder zwei Euro pro Leuchtplatz und Jahr.

Eine erste Einschätzung der Wirtschaftlichkeit einer Modernisierungsmaßnahme liefert eine Kostenvergleichsrechnung. Dabei werden die Gesamtkosten einer Umrüstung dem Status Quo, also dem Weiterbetrieb der derzeitigen Straßenbeleuchtungsanlage, gegenübergestellt. Es handelt sich um ein statisches Berechnungsverfahren, der Zeitpunkt der Ein- und Auszahlungen wird also nicht berücksichtigt. Da Straßenleuchten eine kalkulierte Lebensdauer von rund 30 Jahren haben, ist der zeitliche Aspekt aber von Bedeutung.

Daher ist es sinnvoll, dynamische Verfahren wie die Kapitalwertmethode und die Amortisationsrechnung gemäß VDI 6025<sup>19</sup> bei Investitionsentscheidungen zu berücksichtigen. Alle Zahlungen innerhalb der üblichen Betriebsdauer werden auf den Zeitpunkt der Umrüstung mit einem marktüblichen Zinssatz abgezinst. Dies sind im Einzelnen die Anschaffungs- und Montagekosten, die Energiekosten sowie der Aufwand für Betrieb und Instandhaltung. Der voraussichtlichen Steigerung periodisch wiederkehrender Zahlungen, zum Beispiel für Strom, kann durch entsprechende Änderungssätze Rechnung getragen werden. Die Investition mit dem höchsten Kapitalwert ist die wirtschaftlichste.

Werden die Kapitalwerte über die Betriebsdauer gegenübergestellt, lässt sich der Zeitpunkt der Amortisation einer Modernisierung bestimmen. Er ist erreicht, sobald der Kapitalwert der Umrüstung den des Status Quo übersteigt. Eine typische Amortisationsdauer gibt es nicht. Sie ist abhängig von der Technologie der Bestandsleuchten, den Betriebsstunden und den Dimmprofilen vor und nach der Umrüstung.

### **4.3. Austauschstrategie – Vorgehensweise**

Zunächst ist das angestrebte Beleuchtungsniveau abhängig vom Straßentyp beziehungsweise der Verkehrsfläche zu bestimmen. Es kann sich am Niveau der Altanlage oder der Straßenbeleuchtungsnorm orientieren oder nach eigenem Ermessen festgelegt werden.

---

<sup>19</sup> (Verein Deutscher Ingenieure e.V. 2012)

Falls die Beleuchtungsanlage an einer Kreis- oder Bundesstraße verändert werden soll, ist oft ein anderer Straßenbaulastträger als die Kommune selbst betroffen. Dann ist spätestens an dieser Stelle die entsprechende Zustimmung des Kreises oder des Landesbetriebs Straßenbau Nordrhein-Westfalen<sup>20</sup> auch hinsichtlich des Beleuchtungsstandards einzuholen. Neben der rein technischen Sichtweise sollten auch die Aspekte Sicherheitsgefühl und Aufenthaltsqualität berücksichtigt werden.

Vor Ort sollten charakteristische Straßenprofile ermittelt werden, die die umzurüstenden Straßen möglichst gut abbilden. Die potenziellen Bieter müssen dann im Rahmen einer Ausschreibung mit ihren angebotenen Leuchten die lichttechnischen Mindestkriterien auf diesen Musterstraßen erfüllen. Der Auftraggeber hat abzuwägen: Je mehr Straßenprofile er vorgibt, desto mehr unterschiedliche Leuchten bzw. Optiken und Lichtströme werden unter Umständen angeboten. Des Weiteren sollten je nach Anwendung technische Eigenschaften (siehe Seite 13) als Mindest- oder als Wertungskriterien in die Ausschreibung aufgenommen werden.

Die Beleuchtung an Gefahrstellen wie in Kurven und an Kreuzungen ist meist individuell auf Basis von CAD-Plänen lichttechnisch zu planen, da sie nicht den Musterstraßen zugeordnet werden können. Gleiches gilt für Sonderflächen wie Plätze oder Fußgängerzonen. Auch Fußgängerüberwege erfordern eine separate Planung, da hier besondere lichttechnische Kriterien einzuhalten sind.

#### 4.4. Finanzierung

Der Aufwand der Sanierung kann unter bestimmten Voraussetzungen auch über Straßenbaubeiträge nach dem **Kommunalabgabengesetz Nordrhein-Westfalen**<sup>21</sup> finanziert werden. Solche Beiträge können von der Kommune erhoben werden, wenn die Straße zuvor endgültig hergestellt und damit auch in der Regel auf der gesamten Länge ausreichend beleuchtet gewesen ist.<sup>22</sup> Ist dies noch nicht der Fall, kann der durch den Bau der Beleuchtung entstehende Aufwand als Erschließungsbeitrag nach §§ 127 ff. BauGB finanziert werden.

Bei der Modernisierung von Straßenbeleuchtungsanlagen stehen neben der Reaktion auf den eingeschränkten Handel mit „alten“ Leuchtmitteln aufgrund der Ökodesign-Richtlinie auch die Energieeinsparung und damit die Reduzierung von Kosten und die Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes im Vordergrund.

---

<sup>20</sup> Straßen.NRW – [www.strassen.nrw.de](http://www.strassen.nrw.de)

<sup>21</sup> Kommunalabgabengesetz Nordrhein- Westfalen (KAG) v. 21. Oktober 1969

<sup>22</sup> VG Münster, Urteil vom 18. März 2009 – 3 K 636/08

Obwohl das Motiv des Ausbaus für die Beitragsfähigkeit irrelevant ist<sup>23</sup>, muss die Kommune die Umstände der Sanierung genau darstellen, damit die Erhebung der Beiträge rechtmäßig ist. Denn entscheidend ist, dass den Anliegern durch die Möglichkeit der Inanspruchnahme der hergestellten oder verbesserten Beleuchtung **wirtschaftliche Vorteile** geboten werden, § 8 Abs. 2 S. 2 KAG. Die Anlieger haben ein schützenswertes Interesse daran, nicht an Ausbaurkosten beteiligt zu werden, die durch nicht erforderliche Maßnahmen entstehen. Ein Vorteil als Gegenleistung für den Beitrag besteht nur durch Anlagen, die notwendig sind beziehungsweise bei erforderlichen Anlagen nur in Höhe der für diese notwendigen Kosten.<sup>24</sup>

Zu beantworten wird sein, ob eine Sanierung schon aufgrund der rechtlichen Vorgaben in der Ökodesign-Richtlinie erforderlich ist, weil die bisher verwendeten Leuchtmittel nicht mehr erhältlich sind. Die Energieeinsparung und die Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes sind zwar Vorteile für die Gemeinde und die Allgemeinheit, reichen aber nicht aus, um eine Beitragspflicht der Anlieger zu begründen.

Wenn jedoch der Austausch der Leuchtmittel im Rahmen einer beitragsfähigen Maßnahme stattfindet, ist die Energieersparnis zwar beitragsrechtlich ohne Bedeutung, aber ein gleichzeitiger positiver Effekt. Auch deswegen muss die Gemeinde stets prüfen, ob neben dem sie begünstigenden Vorteil in Form von Stromeinsparung auch ein Vorteil für die betroffenen Grundstückseigentümer gegeben ist.

Auch der verkehrstechnische Vorteil der Ausbaumaßnahme darf nicht so gering sein, dass er im Hinblick auf die Kostenfolge nicht mehr vom Grundsatz der Erforderlichkeit gedeckt ist.<sup>25</sup> Bei der Beurteilung der Erforderlichkeit ist der Gemeinde allerdings Ermessen eingeräumt. Dieser Spielraum ist erst überschritten, wenn die Gemeinde Aufwand betreibt, der sachlich nicht mehr vertretbar ist. Im Vordergrund müssen vielmehr straßenbautechnische Erwägungen stehen. Berücksichtigung können insoweit etwa folgende Punkte finden:

- technische Bewährung
- geringe Ausfallraten
- verkehrsführender Charakter durch Gestaltung,

denn die Erfüllung dieser Kriterien wirkt sich positiv auf den Verkehrsablauf und die Verkehrssicherheit aus und ist beitragsrechtlich unproblematisch.<sup>26</sup>

---

<sup>23</sup> OVG NRW, Beschluss vom 16. Mai 2011 – 15 A 2384/10

<sup>24</sup> OVG NRW, Urteil vom 13. Dezember 1990 – 2 A 2098/89

<sup>25</sup> OVG NRW, Beschluss vom 06. April 2000 – 15 A 1418/00

<sup>26</sup> Vgl. OVG NRW, Urteil vom 06.01.2015, - 15 A 1312/14

Zu den beitragsfähigen Maßnahmen gehören die **nachmalige Herstellung**, also Erneuerung und die **Verbesserung von Teileinrichtungen der Straßen**, wozu auch die Beleuchtung zählt.<sup>27</sup>

Eine **Herstellung** liegt vor, wenn die Anlage nach Abnutzung im Wesentlichen entsprechend dem vorherigen Zustand wiederhergestellt wird. Sie ist dann beitragsfähig, wenn sie notwendig ist. Das ist der Fall, wenn die übliche Nutzungsdauer abgelaufen und die Beleuchtungsanlage verschlissen ist. Bei der Bestimmung der üblichen Nutzungszeit gibt es keine allgemeingültigen Zeitspannen. Sie bestimmt sich je nach Teileinrichtung nach dem vorherigen Ausbauzustand und der verkehrlichen Funktion.<sup>28</sup> Sie beträgt bei Beleuchtungseinrichtungen etwa 25 bis 30 Jahre (siehe Seite 25).<sup>29</sup> Der üblichen Nutzungszeit kommt nur insofern für die Frage der Erneuerungsbedürftigkeit eine Bedeutung zu, als deren Nachweis umso weniger detailliert sein muss, je länger die übliche Nutzungszeit abgelaufen ist.<sup>30</sup>

An den Nachweis der Abnutzung sind verschärfte Anforderungen zu stellen, wenn erkennbar ist, dass die Erneuerung nicht aus beitragsrelevanten Gründen (etwa niedrigerer Stromverbrauch) erfolgt.<sup>31</sup> Deshalb ist es wichtig, die **Abnutzung** der Beleuchtungsanlage sorgfältig und **umfassend zu dokumentieren**. Mangelnde Beweisbarkeit geht im Streitfall zu Lasten der Kommune.

Ob auch eine Verschlissenheit<sup>32</sup> aus Rechtsgründen angenommen werden kann, ist fragwürdig, denn es ist nicht rechtswidrig, die bisherigen Leuchtmittel zu nutzen. Sie sind aufgrund der EU-Richtlinie nur nicht mehr erhältlich.

Mit **Verbesserung** meint das KAG die bessere Ausleuchtung der Straße im Sinne einer verkehrstechnischen Verbesserung. Eine positive Auswirkung auf den Verkehrsablauf kann zum Beispiel durch eine höhere Anzahl von Leuchten, durch die Erhöhung des Leuchtenlichtstromes oder durch eine bessere Lichtverteilung erreicht werden.<sup>33</sup> Im Streitfall wird die Gemeinde allerdings nachweisen müssen, dass eine verkehrstechnisch bessere Ausleuchtung überhaupt erzielt wurde.

Der Austausch eines einzelnen Leuchtmittels stellt hingegen nur eine Maßnahme zur Instandsetzung oder Unterhaltung dar und ist deshalb nicht beitragsfähig, vgl. § 8 Abs. 2 S. 1 KAG.

---

<sup>27</sup> Schneider/ Rohde in (Hamacher 2016), § 8, Rn. 15

<sup>28</sup> OVG NRW, Urteil vom 20. August 2002 – 15 A 583/01

<sup>29</sup> VG Münster, Urteil vom 12. Januar 2011 – 3 K 2449/09

<sup>30</sup> OVG NRW, Urteil vom 15. Februar 2000 - 15 A 4167/96

<sup>31</sup> OVG NRW, Urteil vom 28. August 2001 – 15 A 465/99

<sup>32</sup> Vgl. bei einer Entwässerungseinrichtung OVG NRW, Beschluss vom 2. September 1998 - 15 A 7653/95

<sup>33</sup> VG Münster, Urteil vom 18. März 2009 – 3 K 636/08

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Erneuerung von Straßenbeleuchtung durch Einsatz von LED-Leuchten umso eher beitragsfähig sein kann, je älter die bislang eingesetzten Anlagen sind und je plausibler die mit der Erneuerung verbundenen verkehrstechnischen Vorteile für die Anlieger dargestellt werden können.

#### 4.5. Förderung

Die Steigerung der Energieeffizienz von Straßenbeleuchtungsanlagen ist ein wertvoller Beitrag zum kommunalen Klimaschutz. Aus diesem Grund gibt es immer wieder Förderprogramme, die bei der Umsetzung solcher Vorhaben finanziell unterstützen. Hier den Überblick zu behalten, ist aber nicht ganz einfach. Daher hat die EnergieAgentur.NRW das Web-Tool „Förder.Navi“<sup>34</sup> geschaffen, das stets über die aktuellen Förderprogramme für erneuerbare Energien, Energieeffizienz und Klimaschutz aktuell gehalten wird.

In diesem Leitfaden aktuelle Förderprogramme im Detail vorzustellen wäre nicht sehr hilfreich. Die in Frage kommenden Programme unterliegen einer ständigen Änderung und Anpassung an aktuelle politische Ziele, so dass an dieser Stelle nur auf grundsätzliche Fördermöglichkeiten hingewiesen werden soll. Diese sind:

- Förderung von Maßnahmen zum Klimaschutz durch Bund und Land
- Städtebauförderung des Landes Nordrhein-Westfalen
- Kreditprogramme der KfW und der NRW.Bank

Im Rahmen der Kommunalrichtlinie der Klimaschutzinitiative - Investive Klimaschutzmaßnahme<sup>35</sup> fördert das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit den Einbau hocheffizienter LED-Beleuchtungstechnik bei der Sanierung von Außen- und Straßenbeleuchtungsanlagen sowie von Lichtsignalanlagen. Bei einer Einsparung von Treibhausgasen in Höhe von 70 Prozent werden aktuell 20 Prozent der Investitions- und Montagekosten in Form nicht rückzahlbarer Zuschüsse gefördert; bei einer Einsparung von 80 Prozent und dem Einbau einer Steuer- oder Regelungstechnik sogar 25 Prozent. Finanzschwache Kommunen können mit noch höheren Sätzen gefördert werden. Eine Antragstellung für diese Förderung ist in aller Regel im ersten und dritten Quartal eines Jahres möglich.

Das Land Nordrhein-Westfalen fördert die Einrichtung öffentlicher Straßen, Wege, Plätze einschließlich notwendiger Beleuchtung unter der Bedingung, dass die städtebauliche Erneuerungsmaßnahme in ein Förderprogramm eingebunden

---

<sup>34</sup> (EnergieAgentur.NRW 2017)

<sup>35</sup> (Nationale Klimaschutz Initiative 2017)

ist (Förderrichtlinien Stadterneuerung 2008)<sup>36</sup>. Der Zuschuss beträgt in der Regel 60 Prozent der förderfähigen Ausgaben.

Die KfW Bank fördert Investitionen der kommunalen Infrastruktur mit zinsgünstigen Krediten mit dem Programm „IKK – Investitionskredit Kommunen / 208“<sup>37</sup> über Laufzeiten von 10, 20 und 30 Jahren. Ein entsprechendes Angebot bietet auch die NRW.Bank unter dem Programm NRW.Bank Kommunal Invest<sup>38</sup> an.

#### 4.6. Kennwerte

Einen ersten Anhaltspunkt über die Energieeffizienz einer Straßenbeleuchtungsanlage gibt der Energieverbrauch je Lichtpunkt, der laut einer Umfrage<sup>39</sup> mit 160 beteiligten Kommunen im Jahr 2014 bei durchschnittlich 300 kWh lag. Im städtischen Umfeld liegt der Wert auf Grund größerer erforderlicher Beleuchtungsstärken höher, in ländlichen Gebieten in der Regel deutlich darunter. Bei angenommenen 4.000 Beleuchtungsstunden pro Jahr und ungeachtet möglicher Leistungsreduzierungen entspricht dies einer mittleren Systemleistung von 75 W je Leuchtstelle. Die genannten Werte sind unkompliziert zu ermitteln, lassen wichtige Rahmenbedingungen wie Mastabstand, Straßen- und Leuchtentyp sowie das Beleuchtungsniveau aber außen vor.

An dieser Stelle hat die KfW angesetzt. Die Anlage zum Merkblatt „IKK – Energetische Stadtsanierung – Stadtbeleuchtung / 215“<sup>40</sup>, einem früheren Förderprogramm, das derzeit auf Grund der Förderung über die Kommunalrichtlinie der Klimaschutzinitiative nicht angeboten wird, beschreibt ein Verfahren, das diese Kriterien einbezieht. Die technischen Mindestbedingungen hinsichtlich der Energiebedarfswerte in Kilowattstunden pro Jahr und Straßenkilometer [kWh/(a\*km)] sind in Tabelle 4 dargestellt und geben Anhaltswerte für eine energieeffiziente Beleuchtung verschiedener Straßenkategorien mit technischen und dekorativen Leuchten. Voraussetzung für die Berechnung ist die Kenntnis der Straßenkategorie und der mittleren Beleuchtungsstärke oder der mittleren Leuchtdichte.

---

36 (Ministerium für Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen 2008)

37 (KfW 2016)

38 (NRW.Bank 2017)

39 (PricewaterhouseCoopers Aktiengesellschaft - Wirtschaftsprüfungsgesellschaft 2015)

40 (KfW 2013)

Tabelle 4: maximale Energiebedarfswerte in [kWh/(a\*km)] pro Straßentyp und zugehöriger Beleuchtungsklassen<sup>40</sup>

Beleuchtungsniveau (mittlere Leuchtdichte in cd/m <sup>2</sup> oder mittlere Beleuchtungsstärke in lx)	1,5 cd/m <sup>2</sup> oder 20 lx	1 cd/m <sup>2</sup> oder 15 lx	0,75 cd/m <sup>2</sup> oder 10 lx	0,5 cd/m <sup>2</sup> oder 7,5 lx	0,3 cd/m <sup>2</sup> oder 5 lx	3 lx
<b>Straßentyp</b>						
<b>Hauptverkehrsstraße</b>	21.500	17.500	15.500	12.500		
<b>Sammelstraße Technische Leuchte</b>		16.500	14.000	11.500	8.000	
<b>Sammelstraße Dekorative Leuchte</b>					13.500	
<b>Wohn-/Anliegerstraße Technische Leuchte</b>			15.000	11.500	8.500	7.000
<b>Wohn-/Anliegerstraße Dekorative Leuchte</b>					13.500	11.000

Noch einen Schritt weiter geht die Norm DIN EN 13201. Der neu hinzu gekommenen Teil 5 beschreibt zwei Bewertungsgrößen für Beleuchtungsanlagen, die sich nicht mehr nur auf die beleuchtete Strecke, sondern auf die beleuchtete Fläche beziehen. Der **Energieeffizienzindikator D<sub>p</sub>** setzt die Systemleistung in Bezug zur Größe der beleuchteten Teilflächen (Fahrbahn, Geh-, Radweg etc.) und den dort vorkommenden Beleuchtungsstärken. Der mathematische Zusammenhang lautet:

$$D_p = \frac{P}{\sum_{i=1}^n (\overline{E}_i \cdot A_i)}$$

Hierbei ist P die Systemleistung zur Erfüllung der Beleuchtungsaufgabe in [W], E<sub>i</sub> die berechnete horizontale Beleuchtungsstärke in einer Teilfläche i in [lx], A<sub>i</sub> die Größe der Teilfläche i in [m<sup>2</sup>] und n die Anzahl der beleuchteten Teilflächen. Die Einheit des Energieeffizienzindikators D<sub>p</sub> ist [W/(lx\*m<sup>2</sup>)].

Der **Jahresverbrauchsindikator D<sub>E</sub>** bezieht den jährlichen Energieverbrauch, der für die betrachtete Beleuchtungsaufgabe erforderlich ist, auf die beleuchtete Fläche. Die Formel lautet hier:

$$D_E = \frac{\sum_{j=1}^m (P_j \cdot t_j)}{A}$$

Hierbei ist P<sub>j</sub> die Systemleistung für einen bestimmten Zeitraum j in [W], t<sub>j</sub> der Zeitraum j, in dem eine bestimmte Leistung geschaltet ist in [h], A die beleuchtete Fläche in [m<sup>2</sup>] und m die Anzahl der Zeiträume, in denen verschiedene Leistungen geschaltet sind. Die Einheit des Jahresverbrauchsindikators D<sub>E</sub> ist [kwh/(m<sup>2</sup>\*a)].

Die Norm empfiehlt, beide Indikatoren zusammen zu bewerten. Der Aufwand für die Erfassung der Straßenprofile und für die Berechnung der energetischen und lichttechnischen Größen ist hoch, wird sich aber langfristig durch eine bessere Datenlage und Vergleichbarkeit auszahlen.

Zur Beurteilung der lichttechnischen Qualität einer Straßenbeleuchtungsanlage sind jedoch lichttechnische Berechnungen und Messungen erforderlich. Eine Gegenüberstellung mit den Anforderungen aus der Straßenbeleuchtungsnorm DIN EN 13201 gibt Auskunft über die Beleuchtungsgüte.

## 5. Aufgaben und Organisation

### 5.1. Aufgaben

Im Zuge der Modernisierung von Straßenbeleuchtungsanlagen empfiehlt es sich, auch die Organisation der Straßenbeleuchtung im Hinblick auf den zukünftigen Betrieb und die Instandhaltung zu prüfen und ggf. neu auszurichten. Die relevanten Aufgaben sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

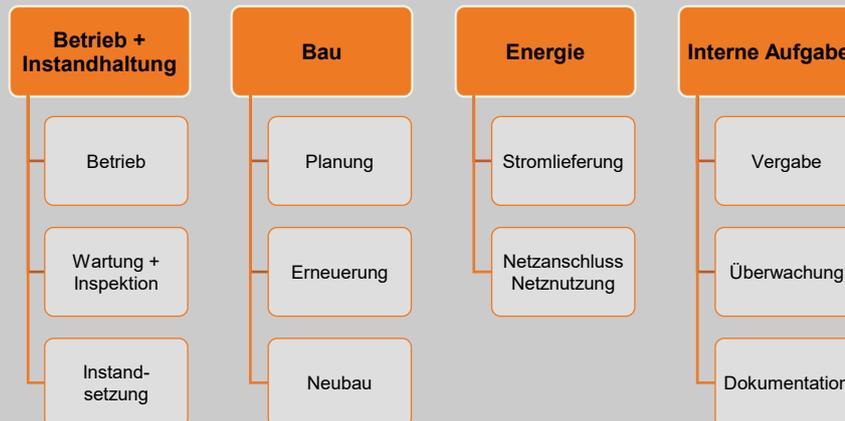


Abbildung 7: relevante Aufgaben bei der Organisation der Straßenbeleuchtung<sup>41</sup>

Die Kombination der Ausschreibung von Modernisierungsmaßnahmen gemeinsam mit Dienstleistungen zum Betrieb und zur Instandhaltung von Straßenbeleuchtungsanlagen kann eine sinnvolle Option darstellen.

### 5.2. Vertragsmodelle

#### 5.2.1. Betriebs- und Instandhaltungsvertrag kombiniert mit Modernisierung

Ein beliebtes Modell für die Organisation der Straßenbeleuchtung ist der kombinierte Straßenbeleuchtungsvertrag, der auf der einen Seite sowohl die Leistungen für Betrieb und Instandhaltung der bestehenden Anlage enthält und der auf der anderen Seite die Erneuerungsleistungen (sowohl konkret geplante als auch Erneuerungsleistungen auf Grund von „unrettbar“ beschädigten Einzelanlagen) regelt und bepreist. Der besondere Charme dieses Modells liegt darin, dass die Kommune bei allen Angelegenheiten nur mit einem Dienstleister zu tun hat und sich außerdem keine Zuständigkeitsproblematiken zwischen den Dienstleistern ergeben.

#### Projektbeispiel Dortmund:

Im Jahr 2016 wurden Betrieb, Instandhaltung und Erneuerung der Straßenbeleuchtungsanlage der Stadt Dortmund europaweit im offenen Verfahren ausgeschrieben. Aufgrund der Altersstruktur der Straßenbeleuchtungsanlage wurde ein

<sup>41</sup> Quelle: switch.on energy + engineering gmbh

Erneuerungsprogramm aufgelegt, das während der angestrebten Vertragslaufzeit von acht Jahren seit dem 01.01.2017 umgesetzt wird.

In Abbildung 8 ist die Anzahl der Leuchten und Tragsysteme, die die technisch-wirtschaftliche Nutzungsdauer von 30 beziehungsweise 50 Jahren überschritten haben für die Jahre 2016 und 2023 dargestellt. Bis zum Ende der Vertragslaufzeit des Betriebs- und Instandhaltungsvertrages würde ohne Modernisierungsmaßnahmen die technisch-wirtschaftliche Nutzungsdauer bei über 24.000 Leuchten und über 11.000 Tragsystemen überschritten sein.

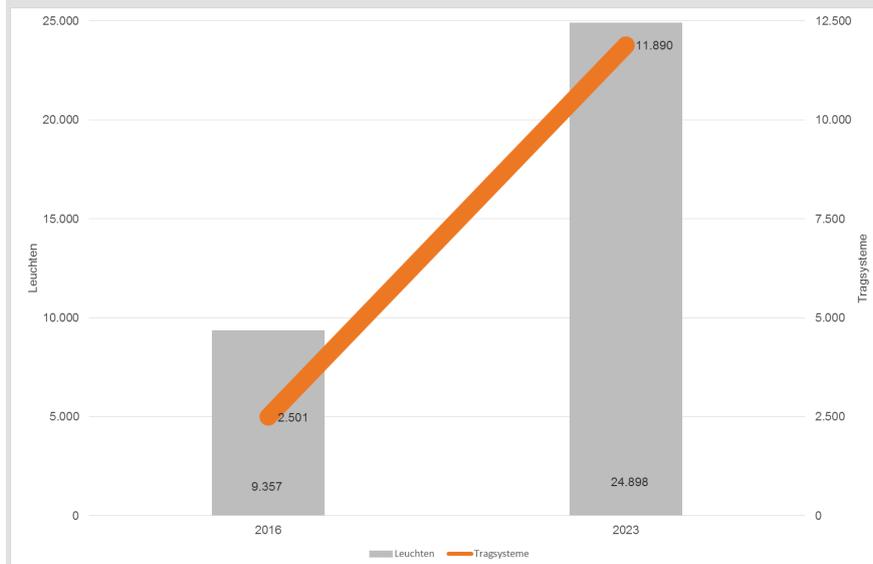


Abbildung 8: Anzahl der Leuchten und Tragsysteme, die die Nutzungsdauer in den Jahren 2016 und 2023 überschritten haben<sup>42</sup>

Zwei Jahre zuvor, im Jahr 2014 beauftragte die Stadt Dortmund zwei externe Beratungsunternehmen mit der rechtlichen und technisch-wirtschaftlichen Begleitung der Neuausrichtung und Ausschreibung der Straßenbeleuchtungsleistungen. In einer Strategiephase wurden zunächst Ziele und zukünftige Anforderungen an die Straßenbeleuchtung identifiziert.

In der folgenden Modellphase wurden unterschiedliche Modelle zur Umsetzung der Ziele und Anforderungen analysiert. Nach Festlegung des Ausschreibungsmodells erfolgte die konkrete Ausgestaltung der Ausschreibung, die die Elemente Betrieb, Instandhaltung und Erneuerung beinhaltete.

<sup>42</sup> Quelle: switch.on energy + engineering gmbh

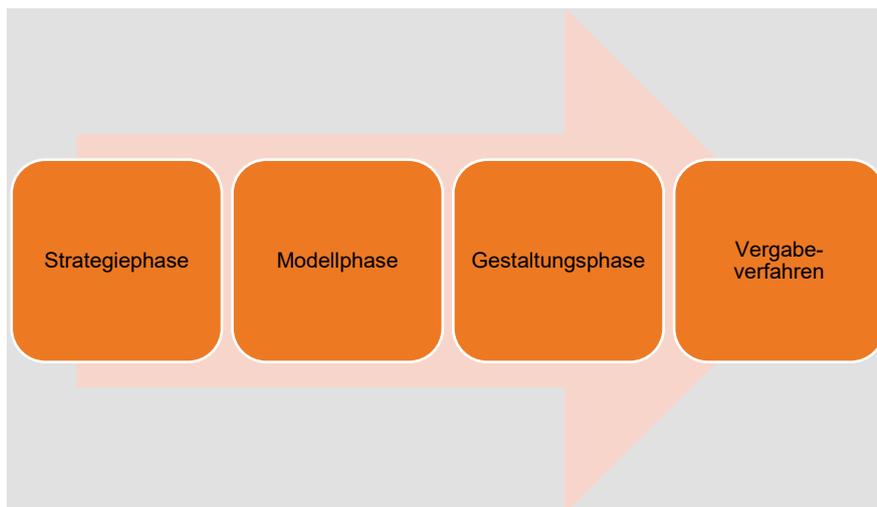


Abbildung 9: Phasen der Modernisierung der Dortmunder Straßenbeleuchtung<sup>43</sup>

Im Rahmen des Erneuerungsprogramms werden nunmehr 24.000 konventionelle Leuchten durch LED-Leuchten ersetzt. Zugleich werden 10.500 Masten erneuert. Die gekündigte Tonfrequenz-Rundsteuerung wird durch ein neues funkbasiertes, bidirektionales Steuerungs- und Lichtmanagementsystem ersetzt.

Insgesamt umfasste der Auftragswert der Ausschreibung 32,5 Mio. €, davon entfallen auf Erneuerungsmaßnahmen 23,1 Mio. €, die gleichmäßig über die Vertragslaufzeit verteilt umgesetzt werden.

### 5.2.2. Betrieb und Instandhaltung sowie Modernisierung in separaten Losen ausschreiben

Durch die losweise Vergabe von Betrieb und Instandhaltung einerseits und die Erneuerung und Modernisierung andererseits ist mit einem wirtschaftlicheren Ergebnis zu rechnen, da für das jeweilige Los der für den ausgeschriebenen Leistungsgegenstand jeweils auch günstigste Bieter den Zuschlag erhält.

#### Projektbeispiel Coesfeld:

Die Stadt Coesfeld hat im Jahr 2013 die Modernisierung von 2.600 der insgesamt 4.800 Leuchten ausgeschrieben und in einem getrennten Los „Betrieb und Instandhaltung“ mit einer Vertragslaufzeit von acht Jahren. Die Energielieferung war hier nicht Gegenstand der Ausschreibung.

Die Ausschreibung wurde insgesamt in drei Lose aufgeteilt:

- Los 1: Betrieb und Instandhaltung
- Los 2: Modernisierung von ca. 2.550 technischen Straßenleuchten

<sup>43</sup> Quelle: switch.on energy + engineering gmbh

- Los 3: Modernisierung von ca. 85 dekorativen Straßenleuchten in Form einer klassischen Laternenleuchte

Die in Los 2 ausgeschriebenen LED-Leuchten sind technische Straßenleuchten, an deren Form keine besonderen Anforderungen gestellt waren. Die für diese Positionen angebotenen Leuchten mussten erkennbar aus einer Leuchtenfamilie stammen. Eine Abweichung war nur in der Bestückung der LED-Module sowie daraus resultierenden Änderungen der Abmessungen möglich. Die optischen und technischen Gemeinsamkeiten mussten klar erkennbar sein.

Für die in Los 3 ausgeschriebenen dekorativen Leuchten war als gestalterische Vorgabe einzuhalten, dass diese in Form und Aussehen einer klassischen Laternenleuchte entsprechen mussten.

Maßgeblich für die Wertung im Los 2 waren die Lebenszykluskosten der angebotenen Leuchten, in die Energieverbrauch, Instandhaltungskosten sowie die angebotene Garantie für das LED-System rechnerisch eingeflossen sind.

Die Beleuchtungsgüte wurde anhand der je nach Straßenqualifizierung zu berücksichtigenden lichttechnischen Größen beurteilt. Die lichttechnischen Anforderungen wurden durch Referenzberechnungen festgelegt. Den Angeboten waren Beleuchtungsberechnungen für die angebotenen Leuchten beizufügen. Die Werte dieser Beleuchtungsberechnungen mussten mindestens die im Leistungsverzeichnis bei den einzelnen Leuchten für den jeweiligen Straßenquerschnitt angegebenen Werte erreichen.

Vor Zuschlagserteilung waren vom Bieter mit dem wirtschaftlichsten Angebot drei Musterleuchten je angebotenen Leuchtentyp zu installieren. Anhand der installierten Musterleuchten wurde die Beleuchtungsqualität beurteilt.

Im Rahmen der Wertung der Angebote für Los 3 war zusätzlich die Gestaltung ein wesentliches Bewertungskriterium.

Während für Los 1 „Betrieb und Instandhaltung“ nur der Preis als Wertungskriterium herangezogen wurde, wurde für Los 2 und 3 das wirtschaftlichste Angebot anhand der Lebenszykluskosten ermittelt. Die Wertung der Leuchten in Los 3 „dekorative Leuchten“ erfolgte zu 60 Prozent nach ästhetischen Gesichtspunkten durch ein Ästhetikgremium und zu 40 Prozent auf Grundlage des Angebotspreises.

Die Auftragssumme für die Erneuerungsmaßnahmen betrug 1,1 Mio. €.

Die Maßnahme wurde mit einem Zuschuss in Höhe von 20 Prozent der Investitionskosten durch die Kommunalrichtlinie der Klimaschutzinitiative des BMUB gefördert. Die Amortisationszeit liegt ohne Förderung zwischen 12 und 20 Jahren, mit Förderung zwischen 9 und 16 Jahren.

### 5.2.3. Getrennte Ausschreibung von Betrieb und Instandhaltung sowie Modernisierung

Neben der gemeinsamen Ausschreibung von Betrieb und Instandhaltung sowie Modernisierung mit getrennter Losvergabe ist auch die Ausschreibung in getrennten Verfahren üblich. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn bereits ein Instandhaltungsvertrag besteht und keiner Neuausschreibung bedarf oder umgekehrt der Instandhaltungsvertrag ausläuft und kurzfristig neu ausgeschrieben werden muss, der Umfang und Zeitpunkt von Modernisierungsmaßnahmen aber noch nicht abschließend durch die Gremien der Kommune beschlossen ist.

#### **Projektbeispiel Brilon:**

Aufgrund des Auslaufens des Konzessionsvertrages sowie des daran gekoppelten Straßenbeleuchtungsvertrages ging das Eigentum an den Leuchtstellen zum 01.01.2012 auf die Stadt Brilon über. Im Jahr 2011 wurde daher zunächst die Ausschreibung der Betriebs- und Instandhaltungsleistungen durchgeführt.

Parallel zur Durchführung der Ausschreibung über Betrieb und Instandhaltung wurde ein Modernisierungskonzept zur wirtschaftlichen Umrüstung auf LED-Leuchten erstellt und im Laufe des Jahres 2012 durch die Gremien der Stadt Brilon beschlossen. Die Ausschreibung erfolgte Anfang 2013.

Insgesamt wurden rund 1.000 Leuchten (überwiegend Leuchten mit Leuchtstofflampen und Quecksilberdampflampen) erneuert und auf LED umgerüstet.

Auch im Rahmen dieses Projektes erfolgte eine Förderung durch das BMU mit 25 Prozent

## 5.3. Contractingmodelle

Ein nicht zu unterschätzender Anteil kommunaler Ausgaben entfällt auf den Betrieb der Straßenbeleuchtung. Insbesondere Anlagen mit älteren Beleuchtungsmitteln haben einen hohen Energieverbrauch und verursachen einen erheblichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Die energieeffiziente Modernisierung der Straßenbeleuchtung bietet daher für Kommunen die Chance, neben einem maßgeblichen Beitrag zum Klimaschutz, ihre Ausgaben für den Betrieb der Straßenbeleuchtung in den kommenden Jahren erheblich zu verringern. Laut einer Umfrage des Sustainable Business Institute unter 1.300 Kommunen aus dem Jahre 2014 liegt das durchschnittliche Einsparpotential bei Umrüstung auf LED bei rund 43%.<sup>44</sup>

---

<sup>44</sup> (Sustainable Business Institute (SBI) e.V. 2015)

Modernisierungsmaßnahmen sind jedoch mit Investitionen verbunden, die nicht jede Kommune aus ihren Haushaltsmitteln aufbringen kann oder will. Um dennoch in den Genuss einer Kostenersparnis aufgrund von Modernisierungsmaßnahmen zu gelangen, bieten sich so genannte Contracting-Modelle an.

Der Contractor als Dienstleistungsunternehmen bietet, je nach Ausgestaltungsvariante, Planung, Finanzierung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Straßenbeleuchtungsanlagen – kombiniert zu einem attraktiven Gesamtpaket – an. Dadurch kann die Zahl der Schnittstellen und Ansprechpartner für die Kommune erheblich reduziert werden. Zusätzlich trägt der Contractor einen Teil des Risikos der Modernisierung und Betriebsführung und stellt der Kommune sein Know-how zur Verfügung. Im Gegenzug hierzu zahlt die Kommune dem Contractor eine Vergütung, welche Refinanzierungskosten, Tilgung und Dienstleistungsentgelt umfasst und sich häufig durch die durch die Modernisierung bewirkten Kosteneinsparungen amortisiert.

Im Bereich der Straßenbeleuchtung haben sich in den letzten Jahren unterschiedliche Modelle zur Betriebsführung, Instandhaltung und Modernisierung entwickelt und etabliert. Je nach konkreter Ausgestaltung lassen sich diese in Finanzierungs-Contracting<sup>45</sup>, Licht-Liefer-Contracting und Energiespar-Contracting<sup>45</sup> einteilen, wobei auch Mischformen anzutreffen sind.

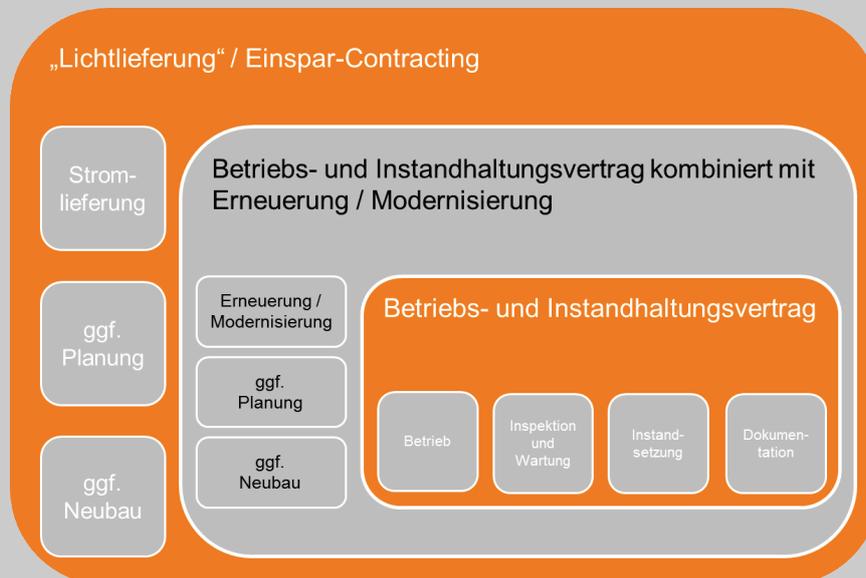


Abbildung 10: Kombinierte Modelle zur Betriebsführung, Instandhaltung und Modernisierung<sup>46</sup>

<sup>45</sup> definiert nach DIN 8930-5

<sup>46</sup> Quelle: switch.on energy + engineering gmbh

### 5.3.1. Finanzierungs-Contracting<sup>45</sup>

Beim Finanzierungs-Contracting übernimmt der Contractor die Finanzierung von Modernisierungs- und Erneuerungsmaßnahmen. Der Contractor plant, errichtet und finanziert die Straßenbeleuchtungsanlagen. Nicht umfasst vom reinen Finanzierungs-Contracting ist hingegen die Betriebsführung der Straßenbeleuchtungsanlagen. Diese kann jedoch auf Wunsch ebenfalls in diese Contracting-Variante mit eingebunden werden.

Die Vergütung wird bei dieser Modellvariante in Form einer Miete, Pacht oder Entgeltrate gezahlt. Die Höhe der normalerweise festen Entgelte hängt von der Vertragslaufzeit und der Höhe der Investition ab. Die Vertragslaufzeit ist so zu wählen, dass zum Vertragsende sämtliche Investitionen durch die zu zahlenden Contracting-Raten abgegolten sind. Diese Finanzierungsart ist der des Leasings sehr ähnlich und hat den Vorteil, dass der Contracting-Nehmer kein Eigenkapital einbringen muss. Je nach Maßnahmenumfang und möglichen Straßenbaubeiträgen ergibt sich eine Vertragslaufzeit von etwa fünf bis acht Jahren.

#### **Projektbeispiel Hünxe:**

Im Jahr 2015 startete die Gemeinde Hünxe mit der Modernisierung der Straßenbeleuchtung mittels Finanzierungs-Contracting. Hierzu wurde nach einer europaweiten Ausschreibung die Betriebsführung der Straßenbeleuchtung sowie die Umstellung auf LED-Technologie im Gemeindegebiet vergeben. Neben der Betriebsführung werden die Straßenbeleuchtungsanlagen der Gemeinde (rund 1.200 Masten mit circa 1.400 Leuchten) sukzessive modernisiert und auf energieeffiziente Beleuchtungstechnologien (vorzugsweise LED-Technologie) umgerüstet. Im Ergebnis weist der Modernisierungsfahrplan eine jährliche Energieeinsparung von über 380.000 kWh sowie eine Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 188 Tonnen pro Jahr aus. Die Energiekosten verringern sich um 60 bis 70 %. Die Vertragslaufzeit beträgt 20 Jahre.<sup>47</sup>

### 5.3.2. Licht-Liefer-Contracting

Beim Licht-Liefer-Contracting übernimmt der Contractor – anders als beim Finanzierungs-Contracting – neben der Planung, der Finanzierung, dem Bau und der Betriebsführung auch noch die Bereitstellung der Nutzenergie mit dem Ziel einer Effizienzsteigerung.

Die Vergütung bei dieser Modellvariante wird so geregelt, dass eine vertraglich festgelegte Contractingrate in Form eines Grundpreises zur Refinanzierung der Modernisierungsmaßnahmen sowie eines Arbeitspreises zur Deckung der Verbrauchs- und Betriebskosten an den Contractor fließen. Im Rahmen der Vertragsgestaltung ist darauf zu achten, dass insbesondere mit Blick auf die in den letzten Jahren stark schwankenden Strompreise eine dynamische Preisanpassungs-

---

<sup>47</sup> (Gemeinde Hünxe 2014)

klausel im Contracting-Vertrag vereinbart wird. Je nach Maßnahmenumfang, Einsparpotenzial und möglichen Straßenbaubeiträgen ergibt sich eine Vertragslaufzeit von etwa sieben bis zwanzig Jahren.<sup>48</sup>

**Projektbeispiel Hilden:**

Nach europaweiter Ausschreibung hat die Stadt Hilden im Jahr 2015 einen über zwanzig Jahre laufenden Betriebsführungsvertrag in Form eines Licht-Liefer-Contractings abgeschlossen. Der Vertrag umfasst die Stromversorgung, sämtliche Betriebsführungsleistungen und die Modernisierung eines großen Teils der Beleuchtungs-Infrastruktur von über 5.000 Lichtpunkten. Im Rahmen des Vertrages werden fast alle Leuchten auf LED-Technologie umgerüstet. Dadurch wird eine Energieeinsparung von 76 Prozent erzielt.<sup>49</sup>

**5.3.3. Energiespar-Contracting<sup>45</sup>**

Im Zuge der Modernisierung von Straßenbeleuchtungsanlagen bietet sich für viele Kommunen auch das so genannte Energiespar-Contracting an. Die Besonderheit bei diesem Modell ist, dass der Contractor der Kommune nach Maßnahmenumsetzung eine garantierte Energieeinsparung vertraglich zusagt. Bei der Berechnung der Energieeinsparung wird auf einen vor Maßnahmenumsetzung bereinigten und festgelegten Referenz-Energieverbrauch, der so genannten Baseline, zurückgegriffen und durch Differenzbildung zum Energieverbrauch nach Maßnahmenumsetzung die erreichte Energieeinsparung berechnet. Um die zugesagte Energieeinsparung zu erreichen, nimmt der Contractor Modernisierungen vor, entwickelt ein Lichtmanagementsystem und betreibt die Straßenbeleuchtung möglichst effektiv. Wird die Einsparquote zum Jahresende nicht erreicht, geht der Differenzbetrag zu Lasten des Contractors.

Die Vergütung setzt sich auch in diesem Fall zur Refinanzierung der Investition aus einem Teil der eingesparten Betriebs- und insbesondere der Energiekosten zusammen und wird gegebenenfalls um weitere pauschale Vergütungsbestandteile ergänzt. Je nach Maßnahmenumfang, Einsparpotential, möglichen Straßenbaubeiträgen und gewünschter direkter Haushaltsentlastung ergibt sich eine Vertragslaufzeit von etwa fünf bis acht Jahren. Sie hängt auch davon ab, ob der Contractor sämtliche Finanzierungskosten übernimmt, oder ob die Kommune selbst einen Teil dieser Kosten trägt.

**Projektbeispiel Dormagen:**

Bereits im Jahr 2006 hat sich die Stadt Dormagen für einen Teil der Straßenbeleuchtung für die Ausschreibung eines Energiespar-Contracting-Modells entschie-

---

<sup>48</sup> (Steinert und Otto 2015)

<sup>49</sup> (SWARCO V.S.M. GmbH 2014)

den. Zum Start des Einspargarantie-Vertrages am 01.04.2008 hatte der Contractor rund 4.900 alte Lampen, 4.600 Vorschaltgeräte und 350 veraltete flache Ansatzleuchten gegen neue effiziente Leuchten ausgetauscht sowie ein Lichtmanagementsystem installiert. Der Contractor versprach der Stadt Dormagen eine Einspargarantie von 44 Prozent, die ebenso wie eine CO<sub>2</sub>-Einsparung von 824 Tonnen im ersten Vertragsjahr erreicht wurde. Die Vertragslaufzeit betrug fünf Jahre.

## 6. Vergaberechtliche Anforderungen

Sofern eine Kommune Eigentümerin der Straßenbeleuchtung ist, ist die Modernisierung der Straßenbeleuchtung stets mit der Vergabe von öffentlichen Aufträgen verbunden. Im Folgenden werden die vergaberechtlichen Vorgaben an die Auftragsvergabe im Bereich der Modernisierung der Straßenbeleuchtung skizziert, ohne dass eine umfassende Darstellung der Anforderungen an die Beschaffung erfolgen kann. Eine Prüfung des Einzelfalls kann hierdurch nicht ersetzt werden.

### 6.1. Grundlagen einer rechtssicheren Vergabe

Öffentliche Auftraggeber vergeben Aufträge im Wettbewerb und im Wege transparenter Verfahren. Dabei müssen die Grundsätze der Wirtschaftlichkeit und der Verhältnismäßigkeit gewahrt werden. Zudem gilt der Gleichbehandlungsgrundsatz, das heißt, alle Teilnehmer an einem Vergabeverfahren müssen gleich behandelt werden. Diese unter anderem in § 97 GWB niedergelegten Grundsätze sind bei jeder Vergabe zu berücksichtigen.

Die rechtlichen Grundlagen für eine rechtssichere Vergabe differenzieren allerdings nach dem jeweiligen Auftraggeber (siehe Ziffer 6.2), dem Auftragsgegenstand (siehe Ziffer 6.3) und dem geschätzten Auftragswert (siehe Ziffer 6.4).

Grafisch lässt sich die Struktur des Vergaberechts derzeit wie folgt skizzieren:

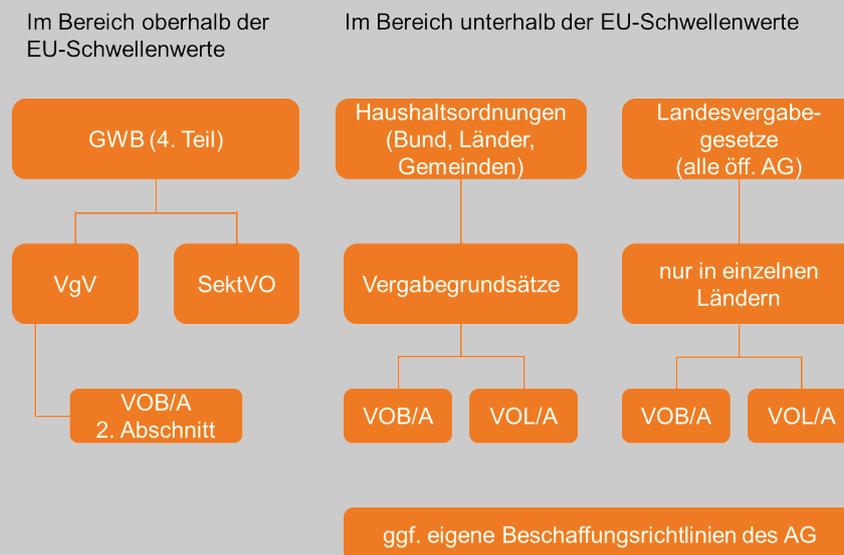


Abbildung 11: aktuelle Struktur des Vergaberechts<sup>50</sup>

<sup>50</sup> Quelle: Wolter Hoppenberg Rechtsanwälte Partnerschaft mbB

**Exkurs: Unterschwellenvergabeordnung**

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie hat bereits im Februar 2017 eine Unterschwellenvergabeordnung (UVgO) im Bundesanzeiger veröffentlicht deren Ziel es ist, das nationale an das europäische Vergabeverfahren anzupassen.<sup>51</sup> Die UVgO enthält Vergabevorschriften für Liefer- und Dienstleistungsaufträge, die unterhalb der Schwellenwerte für europaweite Ausschreibungen liegen und soll zukünftig die VOL/A ersetzen. Bei der UVgO handelt es aber nicht um eine Rechtsverordnung des Bundes. Sie wird erst durch einen entsprechenden Anwendungserlass des Landes in Kraft gesetzt. Dies ist aber bisher noch nicht geschehen.

Bis dahin wird für nordrhein-westfälische Kommunen derzeit noch die Anwendung der VOL/A in der aktuellsten Fassung empfohlen.<sup>52</sup> Nach Veröffentlichung des beschriebenen Erlasses wird der vorliegende Leitfaden zeitnah überarbeitet und aktualisiert.

**6.2. Öffentliche Auftraggeber und Sektorenauftraggeber**

Das Vergaberecht unterscheidet zwischen öffentlichen Auftraggebern gemäß § 99 GWB und Sektorenauftraggebern nach § 100 GWB. Beide Auftraggeber sind an das Kartellvergaberecht des GWB gebunden. Lediglich die darüber hinaus anzuwendenden Vorschriften unterscheiden sich. Während öffentliche Auftraggeber oberhalb der Schwellenwerte die VgV beachten müssen, sind Sektorenauftraggeber an die Sektorenverordnung gebunden.

Zu den öffentlichen Auftraggebern nach § 99 GWB zählen insbesondere Kommunen (Nr. 1), aber auch kommunale Gesellschaften im Falle besonderer Staatsgebundenheit (Nr. 2).

Davon zu unterscheiden sind Sektorenauftraggeber. Dies sind solche Auftraggeber, die eine Sektorentätigkeit ausüben. Zu den so genannten Sektorentätigkeiten zählen insbesondere die Bereitstellung und das Betreiben fester Netze im Bereich Wasser, Elektrizität, Gas und Wärme sowie die Einspeisung von Trinkwasser, Elektrizität, Gas und Wärme in diese Netze. Ferner fallen unter Sektorentätigkeiten auch Tätigkeiten im Bereich des Verkehrs. Allerdings kann und muss ein Auftrag nur dann nach den Bestimmungen der Sektorenverordnung vergeben werden, wenn der zu vergebene Auftrag im Zusammenhang mit der Sektorentätigkeit steht. Da dies im Bereich der Straßenbeleuchtung in der Regel nicht der Fall ist, findet die Sektorenverordnung im Folgenden keine weitere Berücksichtigung.

---

<sup>51</sup> (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2017)

<sup>52</sup> (Städte- und Gemeindebund Nordrhein-Westfalen 2017)

### 6.3. Bau- oder Liefer- und Dienstleistungsauftrag

Öffentliche Aufträge sind nach § 103 Abs. 1 GWB entgeltliche Verträge zwischen öffentlichen Auftraggebern und Unternehmen über die Beschaffung von Leistungen, die die Lieferung von Waren, die Ausführung von Bauleistungen oder die Erbringung von Dienstleistungen zum Gegenstand haben. Handelt es sich bei dem zu vergebenden Auftrag um einen Bauauftrag im Sinne des § 103 Abs. 3 GWB, sind bei der Vergabe die Vorschriften der VOB/A zu berücksichtigen. Liegt dagegen ein Liefer- bzw. Dienstleistungsauftrag nach § 103 Abs. 2 bzw. 4 GWB vor, richtet sich die Vergabe nach den Bestimmungen der VgV bzw. der VOL/A. Aufgrund der unterschiedlichen Vorgaben kommt es entscheidend darauf an, wie der jeweilige Auftrag zu qualifizieren ist.

Maßgeblich für die Einordnung ist der konkrete Beschaffungsgegenstand. Hat der Auftrag verschiedene Leistungen zum Gegenstand, wie Liefer-, Bau- oder Dienstleistungen, kommt es entscheidend darauf an, was der Hauptgegenstand des Auftrags ist. Eine Orientierungshilfe zur Bestimmung des Hauptgegenstandes stellt der Wert der jeweiligen Leistungsteile dar. Ausschlaggebend ist allerdings, welcher Teil dem Auftrag sein Gepräge gibt.

Die Beschaffung von LED-Leuchten zur Umrüstung der vorhandenen Anlagen einschließlich Montage stellt in der Regel einen Lieferauftrag dar, der nach den Bestimmungen der VgV im Oberschwellenbereich bzw. der VOL/A im Unterschwellenbereich zu vergeben ist.

Wird die Straßenbeleuchtung vollständig neu errichtet, wenn also nicht nur die Leuchten, sondern auch die Masten und die Erdverkabelung Bestandteil des Auftrags sind, liegt in der Regel ein Bauauftrag vor.

Ist die Modernisierung der Straßenbeleuchtung Teil eines Auftrags, der darüber hinaus den Betrieb und die Instandhaltung der Straßenbeleuchtung beinhaltet, wird es sich in der Regel um einen Dienstleistungsauftrag handeln.

### 6.4. Schwellenwerte

Ob ein Auftrag europaweit unter Anwendung der §§ 97 ff. GWB oder nur national ausgeschrieben werden muss, richtet sich nach dem jeweiligen Auftragswert. Die Europäische Kommission legt alle zwei Jahre so genannte Schwellenwerte fest. Sind diese erreicht, muss der Auftrag nach den Vorschriften des Kartellvergabe-rechts europaweit ausgeschrieben werden.

Die aktuellen Schwellenwerte liegen

- für Liefer- und Dienstleistungen bei 209.000 Euro und
- für Bauleistungen bei 5.225.000 Euro.

Die nächste Überprüfung der Schwellenwerte wird zum 1.1.2018 erfolgen.

Ob der Schwellenwert erreicht ist, beurteilt sich nach dem voraussichtlichen Gesamtwert der zu vergebenden Leistung. Dieser ist sachgerecht zu schätzen. Dabei sind alle Lose zu addieren sowie alle Optionen und Verlängerungsmöglichkeiten zu berücksichtigen. Eine künstliche Aufspaltung des Auftrags, um einer europäischen Ausschreibung zu umgehen, ist unzulässig.

## 6.5. Wahl der Verfahrensart

Unterhalb der EU-Schwellenwerte stellt die öffentliche Ausschreibung sowohl bei Bauleistungen als auch bei Liefer- und Dienstleistungen das Regelverfahren dar. Oberhalb der EU-Schwellenwerte kann der Auftraggeber zwischen einem offenen Verfahren und einem nichtoffenen Verfahren mit Teilnahmewettbewerb wählen.

Während bei einer öffentlichen Ausschreibung beziehungsweise beim offenen Verfahren eine unbegrenzte Zahl von Unternehmen zur Abgabe von Angeboten aufgefordert wird, ist das nichtoffene Verfahren ein zweistufiges Verfahren, bei dem nur im Rahmen eines Teilnahmewettbewerbs ausgewählte Bieter zur Angebotsabgabe aufgefordert werden. Das offene Verfahren bietet gegenüber dem nichtoffenen Verfahren den Vorteil, dass es deutlich schneller durchzuführen ist und die Bieter bei der Kalkulation ihrer Preise nicht wissen, mit wie vielen Wettbewerbern sie in Konkurrenz stehen. Dies kann sich positiv auf das Ausschreibungsergebnis auswirken.

Andere Verfahrensarten, insbesondere die freihändige Vergabe und das Verhandlungsverfahren, sind lediglich in Ausnahmefällen zulässig. Diese liegen in der Regel bei der Modernisierung der Straßenbeleuchtung nicht vor.

## 6.6. Erstellung der Leistungsbeschreibung

Die Leistungsbeschreibung bildet das Herzstück der Ausschreibung. In der Leistungsbeschreibung wird die Leistung konkret definiert. Soll lediglich eine Umrüstung der vorhandenen Leuchten auf LED erfolgen oder soll die Straßenbeleuchtungsanlage vollständig erneuert werden, einschließlich Mast und Erdverkabelung? Sollen der Betrieb und die Instandhaltung gemeinsam mit der Modernisierung vergeben werden? Welche Anforderungen werden an die Technik gestellt?

Das Leistungsbestimmungsrecht liegt allein beim Auftraggeber. Die Leistungsbeschreibung ist so genau wie möglich zu fassen, sodass sie ein klares Bild vom Auftragsgegenstand vermittelt und zu hinreichend vergleichbaren Angeboten führt. Sie bildet die Kalkulationsgrundlage für die Bieter und muss deshalb alle kalkulationsrelevanten Faktoren enthalten (z.B. örtliche Gegebenheiten, die Art und Anzahl der Straßenbeleuchtungsanlagen, das geforderte Beleuchtungsniveau). Mit der Leistungsbeschreibung legt der Auftraggeber die technischen Standards für alle Bieter verbindlich fest. Aufgrund dessen muss sich der Auftraggeber im Vorfeld der Ausschreibung darüber Gedanken machen, wie die Leistung

im Detail auszusehen hat, insbesondere welche technischen Anforderungen beispielsweise an die einzusetzenden LED-Leuchten gestellt werden. In diesem Zusammenhang fordert das Vergaberecht, umweltfreundliche und energieeffiziente Systemlösungen zu prüfen. Gegebenenfalls ist vor der eigentlichen Ausschreibung zunächst eine Markterkundung durchzuführen, um herauszufinden, welche technischen Standards in der eigenen Kommune sinnvollerweise eingesetzt werden und welche Leistungen zu wirtschaftlichen Konditionen beschafft werden können.

Je detaillierter die Vorgaben an die Leistung sind, je enger ist der Spielraum für die Bieter. Eine detaillierte Leistungsbeschreibung stellt sicher, dass der Auftraggeber genau weiß, was er am Ende bekommt. Denn erfüllt ein Bieter die Vorgaben der Leistungsbeschreibung nicht, führt dies zwingend zum Angebotsausschluss. Auf der anderen Seite können eine zu detaillierte Leistungsbeschreibung oder auch überzogene Anforderungen dazu führen, dass die Angebote erheblich das vorgesehene Budget übersteigen. Bei der Definition der Leistungsanforderung gilt es deshalb unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit der Kommune und der kommunalpolitischen und rechtlichen Anforderungen an die Straßenbeleuchtung den Mittelweg zu finden. Jedenfalls muss sichergestellt sein, dass trotz Spielraum für die Bieter bei der Angebotsgestaltung am Ende vergleichbare Angebote vorliegen.

Das Vergaberecht fordert, dass die Leistungsbeschreibung produkt- und herstellernerneutral ausgestaltet wird. Das bedeutet, in der Leistungsbeschreibung darf grundsätzlich kein Produkt oder Hersteller vorgegeben werden. Auch dürfen die Anforderungen an die Leistung nicht so zugeschnitten werden, dass lediglich ein Produkt oder ein Hersteller diese erfüllen kann. Es muss vielmehr Wettbewerb sichergestellt werden.

Bei der Erstellung der Leistungsbeschreibung und damit der Gestaltung der Ausschreibung ist stets der Grundsatz der losweisen Vergabe zu berücksichtigen. Leistungen sind danach in der Menge aufgeteilt (Teillose) und getrennt nach Art oder Fachgebiet (Fachlose) zu vergeben. Eine Gesamtvergabe ist nur möglich, wenn wirtschaftliche oder technische Gründe dies erfordern.

Darüber hinaus sind ökologische Aspekte zu berücksichtigen. In der Leistungsbeschreibung muss der Auftraggeber Vorgaben zur Energieeffizienz machen. Es ist grundsätzlich das höchstmögliche Niveau an Energieeffizienz und – soweit vorhanden – die höchste Energieeffizienzklasse zu fordern. Von dieser Vorgabe kann nur in Ausnahmefällen abgewichen werden.

Es gibt Kommunen, die nicht über das erforderliche Fachwissen und die Marktkenntnis verfügen, die zur Erstellung der Leistungsbeschreibung erforderlich sind. Daher werden regelmäßig externe Berater oder Unternehmen aus der Branche als Unterstützung bei der Erstellung der Leistungsbeschreibung hinzugezogen.

Wirkt ein Unternehmen bei der Erstellung der Leistungsbeschreibung mit, das später als Bieter in Betracht kommt, ist darauf zu achten, dass dieses Unternehmen durch die Mitwirkung im Vorfeld keinen Wettbewerbsvorteil hat. Ein etwaiger Wissensvorsprung des im Vorfeld beteiligten Unternehmens ist beispielsweise durch die Bereitstellung der Informationen für alle Bieter auszugleichen. Zudem darf ein solches Unternehmen lediglich im Vorfeld der Ausschreibung mitgewirkt haben, nicht jedoch bei der Angebotswertung.

## **6.7. Festlegung von Eignungs- und Zuschlagskriterien (Wertungsmatrix)**

Zwischen den Eignungs- und Zuschlagskriterien ist klar zu differenzieren. Die Eignungskriterien sind stets unternehmensbezogen, während die Zuschlagskriterien auftragsbezogen sind.

Mit der Festlegung von Eignungskriterien bestimmt der Auftraggeber den Kreis der teilnahmeberechtigten Unternehmen. Erfüllt ein Bieter die Eignungsanforderungen nicht, wird dieses Unternehmen vom weiteren Verfahren ausgeschlossen. Die Eignungskriterien betreffen die Fachkunde und Leistungsfähigkeit (sowie im Unterschwellenbereich die Zuverlässigkeit) des Bieters. Sie müssen mit dem Auftragsgegenstand in Verbindung stehen. Zulässige Eignungskriterien sind beispielsweise:

- Referenzen für vergleichbare Leistungen,
- technische Ausrüstung,
- Personalstärke,
- Lieferkapazitäten oder
- der Gesamtumsatz des Unternehmens sowie
- der Umsatz mit vergleichbaren Leistungen.

Demgegenüber sind Kriterien wie Ortsansässigkeit oder örtliche Nähe und das vorhandene Lohnniveau keine zulässigen Eignungskriterien. Die Eignungskriterien müssen bereits in der Bekanntmachung des zu vergebenden Auftrags abschließend genannt werden. Ein Verweis in der Bekanntmachung auf die Vergabeunterlagen reicht nicht aus. In den Vergabeunterlagen können die bekannt gemachten Eignungskriterien lediglich konkretisiert werden.

Anders als bei den Eignungskriterien reicht es bei den Zuschlagskriterien aus, wenn sie einschließlich ihrer Gewichtung in den Vergabeunterlagen aufgeführt werden. Hierzu bietet es sich an, eine so genannte Wertungsmatrix aufzustellen, aus der die vom Auftraggeber vorgesehene Wertung im Detail hervorgeht. Der Zuschlag wird auf das insgesamt wirtschaftlichste Angebot und nicht unbedingt das preisgünstigste Angebot erteilt. Die Zuschlagskriterien betreffen deshalb das Preis-Leistungsverhältnis des Angebotes. Der Preis ist ein zwingend notwendiges

Zuschlagskriterium und darf nicht eine völlig untergeordnete Rolle spielen. Grundsätzlich ist es zwar möglich, den Preis als alleiniges Zuschlagskriterium festzulegen, insbesondere bei stark standardisierten Leistungen. Allerdings fordert das Vergaberecht, dass bei der Beschaffung energieverbrauchsrelevanter Leistungen die Energieeffizienz als Zuschlagskriterium angemessen zu berücksichtigen ist. Im Fall der Modernisierung der Straßenbeleuchtung sind daher neben dem Preis zumindest noch die Energieeffizienz betreffende Zuschlagskriterien zu wählen. Wie diese aussehen können, hängt unter anderem davon ab, welche Anforderungen an die Energieeffizienz bereits in der Leistungsbeschreibung gestellt worden sind. Je höher diese Anforderungen sind, desto geringer muss die Energieeffizienz bei den Zuschlagskriterien berücksichtigt werden. Wird bereits das höchste verfügbare Maß an Energieeffizienz gefordert, kann die Energieeffizienz bei den Zuschlagskriterien auch unberücksichtigt bleiben. Denkbare Zuschlagskriterien bei einer Modernisierung der Straßenbeleuchtung wären neben dem Preis zum Beispiel:

- der durchschnittliche jährliche Energieverbrauch über die Nutzungsdauer der angebotenen Leuchten,
- die Funktionalitäten der angebotenen Steuerungs- und Regelungstechnik,
- die angebotene Leuchtentechnologie oder
- die vom Bieter und/oder Hersteller angebotenen Garantien.

Auch die Ästhetik kann ein mögliches Zuschlagskriterium sein. Allerdings handelt es sich hierbei um ein stark subjektiv geprägtes Kriterium, sodass sichergestellt werden muss, dass nicht einzelne Bieter bevorzugt werden. Insofern ist die ästhetische Bewertung stets durch eine Mehrzahl repräsentativ ausgewählter Entscheidungsträger vorzunehmen.

## 6.8. Berücksichtigung von Lebenszykluskosten

Energieeffizienz spielt nicht nur bei den Anforderungen an die Leistung und der Wahl der Zuschlagskriterien eine Rolle. Das Vergaberecht schreibt zudem vor, dass von den Bietern konkrete Angaben zum Energieverbrauch gefordert werden. Dies ist in der Regel allein schon deshalb erforderlich, um zu überprüfen, ob die angebotene Leistung mit den Vorgaben der Leistungsbeschreibung übereinstimmt und um die Angebote anhand der Zuschlagskriterien werten zu können.

In geeigneten Fällen soll darüber hinaus eine Analyse minimierter Lebenszykluskosten oder die Ergebnisse einer vergleichbaren Methode zur Überprüfung der Wirtschaftlichkeit gefordert werden. Bei einer Lebenszykluskostenbetrachtung werden neben den Anschaffungskosten auch die Betriebskosten auf Wirtschaftlichkeit hin überprüft und mit in den Angebotswertungsprozess einbezogen. Zu den Betriebskosten gehören sowohl die Energiekosten als auch die Betriebsmittelkosten, die Unterhalts- und Wartungskosten sowie die Entsorgungskosten.

Fordert der Auftraggeber eine Lebenszykluskostenanalyse, muss er die für die Berechnung der Lebenszykluskosten verwendete Methode bzw. die Prüfparameter in seiner Leistungsbeschreibung angeben. Dabei muss es sich um eine objektiv nachprüfbar Methode handeln, die ausschließlich nicht diskriminierende Kriterien enthält.

Ob im Einzelfall eine Lebenszykluskostenanalyse sinnvoll ist, muss unter dem Gesichtspunkt der Verhältnismäßigkeit beurteilt werden. Es ist abzuwägen zwischen dem Aufwand einer solchen Lebenszyklusbetrachtung und den zu erwartenden Vorteilen für die Wirtschaftlichkeit, den Umweltschutz und die Energieeffizienz.

## **6.9. Ablauf eines Vergabeverfahrens (offenes Verfahren bzw. öffentliche Ausschreibung)**

Es ist davon auszugehen, dass in der Regel Modernisierungsmaßnahmen an Straßenbeleuchtungsanlagen im Wege eines offenen Verfahrens im Oberschwellenbereich oder einer öffentlichen Ausschreibung im Unterschwellenbereich vergeben werden. Der Ablauf eines solchen Verfahrens lässt sich wie folgt grob skizzieren:

Es wird eine unbegrenzte Anzahl von Unternehmen öffentlich zur Abgabe eines Angebotes aufgefordert. Dies erfolgt über eine Bekanntmachung. Bei einer Oberschwellenvergabe erfolgt die Bekanntmachung über ein von der Europäischen Kommission bereitgestelltes Formular im Supplement zum Amtsblatt der Europäischen Union (<http://www.simap.europa.eu/enotices/>). Bei einer Unterschwellenvergabe wird der zu vergebene Auftrag über nationale Ausschreibungsplattformen bekannt gemacht. Hierzu gehört [www.evergabe.nrw.de/](http://www.evergabe.nrw.de/).

In der Bekanntmachung werden unter anderem das Vorhaben und der zu vergebene Auftrag kurz skizziert. Darüber hinaus werden auch die vom Interessenten zu erfüllenden Eignungsanforderungen benannt. Über eine in der Bekanntmachung ebenfalls enthaltene elektronische Adresse werden die Vergabeunterlagen allen Interessenten unentgeltlich, uneingeschränkt, vollständig und direkt zum Abruf zur Verfügung gestellt.

Allen Interessenten wird die gleiche Frist zur Einreichung ihrer Angebote gesetzt. Diese Frist muss im Oberschwellenbereich mindestens 35 Kalendertage, gerechnet ab dem Tag der Absendung der Bekanntmachung, betragen. Sie kann um fünf Tage verkürzt werden, wenn eine elektronische Übermittlung der Angebote akzeptiert wird. Im Unterschwellenbereich sind lediglich ausreichende Fristen vorzusehen. Bei der Festlegung der Fristen sind stets die Komplexität der Leistung und die erforderliche Zeit für die Ausarbeitung der Angebote angemessen zu berücksichtigen.

Bis zum Ablauf der Angebotsfrist reichen die Bieter ihre Angebote ein. Diese müssen unterschrieben und vollständig sein. Das heißt, alle geforderten Erklärungen und Nachweise für die Eignung müssen vorgelegt werden, aber auch die geforderten technischen und finanziellen Angaben müssen enthalten sein.

Alle Angebote werden bis zum Ablauf der Angebotsfrist ungeöffnet verwahrt. Nach Ablauf der Frist werden die Angebote in einem Submissionstermin geöffnet und anschließend sowohl formal als auch inhaltlich geprüft. Danach werden die Angebote anhand den zuvor mitgeteilten Zuschlagskriterien ausgewertet. Auf diese Weise wird das wirtschaftlichste Angebot ermittelt, welches für den Zuschlag vorgesehen ist. Verhandlungen über die Angebote, insbesondere auch über die Preise, sind unzulässig.

Im Oberschwellenbereich werden alle Bieter, deren Angebote nicht berücksichtigt werden sollen, über den Namen des Unternehmens, dessen Angebot angenommen werden soll, über die Gründe der vorgesehenen Nichtberücksichtigung ihres Angebotes und über den frühesten Zeitpunkt des Vertragsschlusses unverzüglich schriftlich informiert. Der Zuschlag darf erst 15 Kalendertage, bei elektronischer Übermittlung oder per Fax 10 Kalendertage, nach Absendung der Informationsschreiben erteilt werden (vgl. § 134 VgV).

Bei der Vergabe von Bauleistungen im Unterschwellenbereich sind alle Bieter, deren Angebot ausgeschlossen worden ist und solche, die nicht in die engere Wahl kommen, unverzüglich zu unterrichten. Alle anderen Bieter sind zu unterrichten, sobald der Zuschlag erteilt worden ist (vgl. § 19 VOB/A).

Bei der Vergabe von Liefer- und Dienstleistungen im Unterschwellenbereich sind die Bieter unverzüglich über die Gründe für die Ablehnung bzw. Nichtberücksichtigung ihres Angebotes, die Merkmale und Vorteile des erfolgreichen Angebotes sowie den Namen des erfolgreichen Bieters zu informieren (vgl. § 19 VgV).

Im Oberschwellenbereich ist die Vergabe des Auftrags zudem spätestens 30 Tage nach Zuschlagserteilung unter Verwendung eines von der Europäischen Union vorgegebenen Formulars im Supplement zum Amtsblatt der Europäischen Union bekannt zu machen.

### **6.10. Ausnahme: Inhouse-Vergabe**

Von einer Ausschreibung kann abgesehen werden, wenn eine so genannte Inhouse-Vergabe vorliegt (§ 108 GWB). Das Vergaberecht ist auf eine Auftragsvergabe nicht anzuwenden, wenn

- der öffentliche Auftraggeber über die zu beauftragende juristische Person einen ähnliche Kontrolle ausübt wie über seine eigenen Dienststellen,

- mehr als 80 Prozent der Tätigkeiten der juristischen Person der Ausführung von Aufgaben dienen, mit denen sie von dem öffentlichen Auftraggeber betraut wurde und
- an der juristischen Person keine direkte private Kapitalbeteiligung besteht.

Ein Inhouse-Geschäft kommt zum Beispiel in Betracht, wenn eine Tochtergesellschaft der Kommune, die im Wesentlichen für die Kommune tätig ist, beauftragt werden soll. Eine Inhouse-Vergabe scheidet jedenfalls aus, wenn private Mitgesellschafter vorhanden sind, aber auch dann, wenn das Unternehmen Gewerbe- und/oder Privatkunden beispielsweise mit Strom oder Gas beliefert. Dies ist häufig bei kommunalen Stadtwerken der Fall. Zur Beurteilung, ob eine Inhouse-Vergabe möglich ist, ist stets eine Einzelfallprüfung erforderlich.

## 7. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lichtstromverlauf einer Leuchtstofflampe (T8) bei einem Lampenwechsel im Rahmen des vierjährigen Wartungszyklus .....	12
Abbildung 2: Lichtverteilungen im Vergleich („Optiperfect“-Isoluxkurven) - Philips Lighting GmbH .....	14
Abbildung 3: Energieeffizienz verschiedener Leuchtmittel .....	15
Abbildung 4: geometrische Daten der Leuchtenanordnung.....	17
Abbildung 5: ungleichmäßige Beleuchtung vor (links) und gleichmäßige Beleuchtung mit weniger Streulicht nach (rechts) einer Sanierung .....	18
Abbildung 6: beispielhafte Lichtstromrückgänge für unterschiedliche Bemessungslebensdauern $L_x$ .....	21
Abbildung 7: relevante Aufgaben bei der Organisation der Straßenbeleuchtung	35
Abbildung 8: Anzahl der Leuchten und Tragsysteme, die die Nutzungsdauer in den Jahren 2016 und 2023 überschritten haben .....	36
Abbildung 9: Phasen der Modernisierung der Dortmunder Straßenbeleuchtung	37
Abbildung 10: Kombinierte Modelle zur Betriebsführung, Instandhaltung und Modernisierung.....	40
Abbildung 11: aktuelle Struktur des Vergaberechts.....	44

## 8. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Energieeffizienz von Leuchtmitteln .....	11
Tabelle 2: Orientierungswerte für die Nutzlebensdauer einiger Lampenarten.....	20
Tabelle 3: Empfehlungen zur Priorisierung von Sanierungsmaßnahmen.....	26
Tabelle 4: maximale Energiebedarfswerte in $[\text{kWh}/(\text{a} \cdot \text{km})]$ pro Straßentyp und zugehöriger Beleuchtungsklassen <sup>40</sup> .....	33

## 9. Literaturverzeichnis

- Bayerisches Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit. „Energieeffiziente Modernisierung der Straßenbeleuchtung - Empfehlungen für Kommunen.“ *Bayerisches Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz*. Februar 2009.  
[http://www.stmuv.bayern.de/themen/abfallwirtschaft/ressourcenschutz/ippilotprojekte/doc/strassenbeleuchtung\\_modernisierung\\_leitfaden.pdf](http://www.stmuv.bayern.de/themen/abfallwirtschaft/ressourcenschutz/ippilotprojekte/doc/strassenbeleuchtung_modernisierung_leitfaden.pdf)  
 (Zugriff am 12. Juli 2017).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. „Unterschwellenvergabeordnung.“ *BMWi*. 02. Februar 2017.  
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Service/Gesetzesvorhaben/entwurf-unterschwellenvergabeordnung-uvgo.html> (Zugriff am 01. August 2017).
- Deutsche Energie-Agentur GmbH. „Energieeffiziente Straßenbeleuchtung - Einsparpotenziale identifizieren und erschließen.“ *Deutsche Energie-Agentur*. April 2014.  
[https://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads\\_Dateien/esd/1435\\_Broschuere\\_Energieeffiziente\\_Strassenbeleuchtung.pdf](https://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads_Dateien/esd/1435_Broschuere_Energieeffiziente_Strassenbeleuchtung.pdf) (Zugriff am 07. Juli 2017).
- DGUV - Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. „DGUV Vorschrift 3.“ *DGUV*. 1. Januar 1997.  
<http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/vorschrift3.pdf> (Zugriff am 14. Juli 2017).
- DIN Deutsches Institut für Normung e. V. *DIN EN 13201 - Straßenbeleuchtung (Entwurf)*. DIN-Norm, Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2016.
- EnergieAgentur.NRW. *Förder.Navi*. Juli 2017. <http://www.foerder-navi.de/> (Zugriff am 27. Juli 2017).
- . *Projekt des Monats - Effiziente Straßenbeleuchtung trotz knapper Kassen: Dormagen rüstet über Finanzierungs-Contracting 4.000 Leuchten auf LED-Technik um*. August 2014.  
<http://www.energieagentur.nrw/eanrw/ea/effiziente-straenbeleuchtung-trotz-knapper-kassen-dormagen-ruestet-ueber-finanzierungs-contracting-leuchten-auf-led-technik-um> (Zugriff am 30. Juli 2017).
- Etter, Urs. „Grundsätzliches und Normen für Strassenbeleuchtungen & Beispiel einer volldynamischen LED Straßenbeleuchtung.“ *Kommunale Infrastruktur*. 26. November 2015. [https://kommunale-infrastruktur.ch/cmsfiles/08\\_oki\\_etter\\_volldynamische\\_led-strassenbeleuchtung.pdf](https://kommunale-infrastruktur.ch/cmsfiles/08_oki_etter_volldynamische_led-strassenbeleuchtung.pdf) (Zugriff am 27. Juli 2017).
- Gemeinde Hünxe. *Unterzeichnung des Straßenbeleuchtungsvertrages*. Oktober 2014. <https://www.huenxe.de/de/aktuelles/unterzeichnung-des-strassenbeleuchtungsvertrages/> (Zugriff am 22. September 2017).
- Glamox Luxo Lighting GmbH. *LED und Lebensdauer*. 26. Februar 2013.  
<http://glamox.com/de/led-und-lebensdauer1> (Zugriff am 12. Juli 2017).
- Hamacher, Claus. *Kommunalabgabengesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (KAG NRW)*. Wiesbaden: Kommunal- und Schul-Verlag ISBN 978-3-8293-0455-9, 2016.
- KfW. „Kredit 208 IKK – Investitionskredit Kommunen.“ *Merkblatt kommunale und soziale Infrastruktur*. Juli 2016. [https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/600000070-M-Investitionskredit-Kommunen-208.pdf](https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/600000070-M-Investitionskredit-Kommunen-208.pdf)  
 (Zugriff am 29. Juli 2017).

- . „Kredit 215 IKK – Energetische Stadtsanierung - Stadtbeleuchtung.“ *Anlage zum Merkblatt IKK – Energetische Stadtsanierung - Stadtbeleuchtung*. September 2013. [https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000001850-Technische-Mindestanforderungen-215.pdf](https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000001850-Technische-Mindestanforderungen-215.pdf) (Zugriff am 29. Juli 2017).
- Ministerium für Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen. „Förderrichtlinien Stadterneuerung.“ *VM*. 22. Oktober 2008. [http://www.vm.nrw.de/stadtentwicklung/\\_pdf\\_container/Foerderrichtlinien\\_Stadterneuerung\\_2008.pdf](http://www.vm.nrw.de/stadtentwicklung/_pdf_container/Foerderrichtlinien_Stadterneuerung_2008.pdf) (Zugriff am 29. Juli 2017).
- Nationale Klimaschutz Initiative. *Kommunalrichtlinie*. Juli 2017. <https://www.klimaschutz.de/kommunalrichtlinie> (Zugriff am 29. Juli 2017).
- NRW.Bank. „NRW.BANK.Kommunal Invest.“ *NRW.Bank*. 2. Januar 2017. <https://www.nrwbank.de/de/foerderlotse-produkte/NRWBANKKommunal-Invest-NRWBANKKommunal-Invest-Plus/15198/nrwbankproduktdetail.html?backToResults=true> (Zugriff am 29. Juli 2017).
- PricewaterhouseCoopers Aktiengesellschaft - Wirtschaftsprüfungsgesellschaft. „Straßenbeleuchtung im Energiesparmodus?.“ *pwc Deutschland*. Februar 2015. <https://www.pwc-wissen.de/pwc/de/shop/publikationen/Strassenbeleuchtung+im+Energiesparmodus%3F/?card=12723> (Zugriff am 29. Juli 2017).
- Stadt Coesfeld. „Erneuerung der Straßenbeleuchtung in Coesfeld.“ September 2017.
- Städte- und Gemeindebund Nordrhein-Westfalen. „Endgültige Fassung der Unterschwellenvergabeordnung.“ *kommunen-in-nrw*. 8. Februar 2017. <https://www.kommunen-in-nrw.de/mitgliederbereich/mitteilungen/detailansicht/dokument/endgueltige-fassung-der-unterschwellenvergabeordnung.html?cHash=4f46ac9cfa8a7a670a3acf4c1a884c90> (Zugriff am 1. August 2017).
- Steinert, Carsten, und Sven-Joachim Otto. *Praxishandbuch effiziente Straßenbeleuchtung*. Berlin: de Gryuter ISBN 978-3-11-028787-5, 2015.
- Sustainable Business Institute (SBI) e.V. „Modernisierung der kommunalen Straßenbeleuchtung.“ *Sustainable Business Institute*. Januar 2015. [http://www.cfi21.org/fileadmin/user\\_upload/pdfs/strassenbeleuchtung/SBI-LED-Studie\\_2015.pdf](http://www.cfi21.org/fileadmin/user_upload/pdfs/strassenbeleuchtung/SBI-LED-Studie_2015.pdf) (Zugriff am 30. Juli 2017).
- SWARCO V.S.M. GmbH. *SWARCO V.S.M. modernisiert Straßenbeleuchtung in Hilden*. 5. Dezember 2014. <https://www.swarco.com/svsm/content/view/full/42433> (Zugriff am 30. Juli 2017).
- TRILUX GmbH & Co. KG. *Lebensdauer von Lampen*. Juli 2017. <https://www.trilux.com/de/beleuchtungspraxis/leuchtmittel/leuchtmittel-eigenschaften/lebensdauer-von-lampen/> (Zugriff am 14. Juli 2017).
- . *Lebensdauer von LED-Leuchten*. Juli 2017. <https://www.trilux.com/de/beleuchtungspraxis/leuchtmittel/leuchtmittel-eigenschaften/lebensdauer-von-led-leuchten/> (Zugriff am 14. Juli 2017).
- . *LED Beleuchtung, die überzeugt!* Juli 2017. <https://www.trilux.com/de/service/knowledge/led/> (Zugriff am 12. Juli 2017).

Verein Deutscher Ingenieure e.V. „VDI-Richtlinie: VDI 6025 Betriebswirtschaftliche Berechnungen für Investitionsgüter und Anlagen.“ *Verein Deutscher Ingenieure*. November 2012.  
[https://www.vdi.de/nc/richtlinie/vdi\\_6025-betriebswirtschaftliche\\_berechnungen\\_fuer\\_investitionsgueter\\_und\\_anlagen\\_/](https://www.vdi.de/nc/richtlinie/vdi_6025-betriebswirtschaftliche_berechnungen_fuer_investitionsgueter_und_anlagen/) (Zugriff am 28. Juli 2017).

## 10. Weiterführende Weblinks

Internetportal STRASSENLICHT.DE

<http://www.strassenbeleuchtung.de/>

saena, Digitaler Planungsleitfaden Straßenbeleuchtung

<http://www.saena.de/strassenbeleuchtung.html>

ENERGIEAGENTUR Rheinland-Pfalz

<https://www.energieagentur.rlp.de/kommune/details/meldungen/leitfaden-fuer-energieeffiziente-strassenbeleuchtung-online/>

Dena, „Lotse energieeffiziente Straßenbeleuchtung“

<https://industrie-energieeffizienz.de/energiekosten-senken/energieeffiziente-technologien/beleuchtung/quickcheck/lotse-strassenbeleuchtung-startseite/>

Brancheninitiative licht.de

<https://www.licht.de/de/>

<https://www.licht.de/de/led-leitmarktinitiative/>

Netzwerk Intelligente LED-Beleuchtungstechnik

<http://www.led-netzwerk.de/>

TU Darmstadt, Fachgebiet Lichttechnik

[http://www.lichttechnik.tu-darmstadt.de/fachgebiet\\_lt/uebersicht/FachgebietLichttechnik.de.jsp](http://www.lichttechnik.tu-darmstadt.de/fachgebiet_lt/uebersicht/FachgebietLichttechnik.de.jsp)



**Impressum**

EnergieAgentur.NRW GmbH  
Roßstraße 92  
40476 Düsseldorf

Telefon: 0211/837 1930  
hotline@energieagentur.nrw  
www.energieagentur.nrw

© EnergieAgentur.NRW GmbH/EA501

**Gestaltung**

www.designlevel2.de

**Stand**

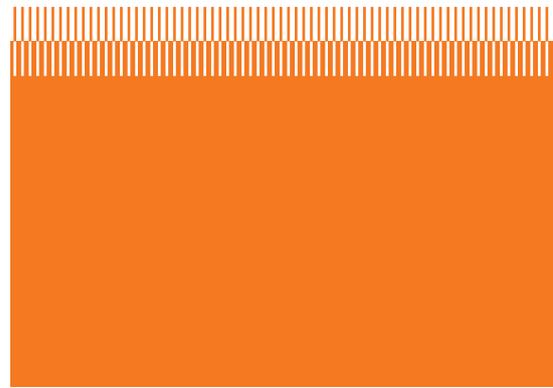
10/2017

Die EnergieAgentur.NRW GmbH verwendet in ihren Veröffentlichungen allein aus Gründen der Lesbarkeit die männliche Form von Substantiven; diese impliziert jedoch stets auch die weibliche Form. Eine Nutzung von Inhalten – auch nur in Teilen – bedarf der schriftlichen Zustimmung.

**Ansprechpartner**

EnergieAgentur.NRW  
Heinz-Jürgen Schütz

schuetz@energieagentur.nrw



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung

Ministerium für Wirtschaft, Innovation,  
Digitalisierung und Energie  
des Landes Nordrhein-Westfalen

