



Energieeffiziente Straßen- und Platzbeleuchtung in Kommunen

Praxistransfer

IPP
Integrierte
Produktpolitik



Denken in Lebenszyklen

Vorwort

Kann eine moderne, energieeffiziente Straßenbeleuchtung die zahlreichen Erwartungen erfüllen, die Kommunen an sie stellen? Sie soll Sicherheit geben, ansprechend gestaltet sein und durch niedrigen Energieverbrauch wenig kosten. Die Antwort ist „ja“!

Dass und wie energieeffiziente Modernisierungen erfolgreich möglich sind, zeigen uns sechs bayerische Städte und Gemeinden. Sie entwickelten optimale Beleuchtungslösungen für typische Straßenzüge, die anderen Kommunen als Beispiele dienen sollen. Denn den meisten Kommunen geht es ähnlich: Wie nähert man sich all den Fragestellungen zu innovativer Technik, Vertragsgestaltung und Finanzierung?

Die komplexe Herausforderung meisterten die beteiligten Städte und Gemeinden erfolgreich mit dem Ansatz der Integrierten Produktpolitik (IPP): Um das „Produkt Straßenbeleuchtung“ ökologisch und wirtschaftlich zu verbessern, nahmen sie es systematisch über den gesamten Lebensweg unter die Lupe. Alle beteiligten Akteure – Kommunen, Lampen- und Leuchtenhersteller,

Energieversorger und Lichtplaner – arbeiteten gemeinsam an der bestmöglichen Lösung für Mensch, Umwelt und kommunalem Haushalt.

Die entwickelten Beleuchtungslösungen können sich rundum sehen lassen: Straßen sind ins richtige Licht gesetzt, kommunale Haushalte werden durch Energieeinsparungen deutlich geschont und das Klima nachhaltig geschützt. Wir wünschen uns, dass noch mehr Städte und Gemeinden in Bayern diese Vorteile erkennen und mitmachen. Denn bayerische Kommunen liegen mit energieeffizienten Straßenbeleuchtungen ganz klar vorne!




Dr. Markus Söder MdL
Staatsminister




Melanie Huml MdL
Staatssekretärin

Inhalt

1. Herausforderung und Ziele	4
2. Herangehensweise, Vorgaben und Techniken	5
2.1 Mögliche Schritte der Modernisierung	5
2.2 DIN EN 13201	6
2.3 LED	6
2.4 Lichtsteuerung	7
2.5 Wahl der Lichtfarbe	8
3. Kommunale Beleuchtungsverträge und rechtliche Rahmenbedingungen	9
3.1 Vertragsvarianten und Konsequenzen für die Finanzierung	9
3.2 Finanzierung und Recht	11
4. Praxisratgeber mit Modernisierungsbeispielen	12
4.1 Anlieger- und Sammelstraßen	12
4.2 Hauptverkehrsstraße	17
5. Fazit	18

Definitionen

DIN EN 13201: Europäische Norm für die Straßenbeleuchtung

HI(-CE): Hochdruck-Entladungslampen Halogen-Metall dampf*; CE kennzeichnet Lampen mit keramischem Brenner

HM: Hochdruck-Entladungslampen Quecksilberdampf*

HS: Hochdruck-Entladungslampen Natriumdampf*

HIE, HME, HSE: matte Lampen mit elliptischem Kolben*

HIT, HST: klare Lampen in Röhrenform*

KVG: Konventionelles (magnetisches) Vorschaltgerät

LED: Lichtemittierende Dioden (**L**ight **E**mitting **D**iodes)

Lichtpunkt: Leuchte, Lampe und Mast, siehe rechts

LL: Leuchtstofflampe

Ökodesign-Richtlinie: Europäische Richtlinie 2009/125/EG für die umweltgerechte Gestaltung (Ökodesign) energieverbrauchsrelevanter Produkte



* Lampenbezeichnung nach dem einheitlichen System für die Allgemeinbeleuchtung (LBS) nach ZVEI

1. Herausforderung und Ziele

Kommunen suchen verstärkt nach Lösungen zur energetischen Modernisierung ihrer Straßenbeleuchtung. Nicht zuletzt, weil die Umsetzung der Ökodesign-Richtlinie* sukzessiv bis 2017 wenig effiziente Leuchtmittel, Betriebsgeräte und Leuchten untersagt. Der Markt bietet bereits ein vielfältiges Angebot für energieeffiziente Beleuchtungen. Doch welche Lösung eignet sich am besten für die individuelle Beleuchtungssituation einer Kommune? Und wie lässt sich trotz knapper kommunaler Haushalte eine hochwertige Straßenbeleuchtung umsetzen, die energieeffizient und klimafreundlich ist und optimierte Lichtverhältnisse schafft?

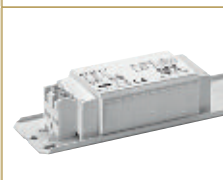
Die Gemeinden Aying, Haar und Höhenkirchen-Siegertsbrunn sowie die Städte Aschaffenburg, Bad Wörishofen und Merkendorf stellten sich dieser Herausforderung. Sie entwickelten unter der Moderation des bifa Umweltinstituts gemeinsam mit den Vertretern der Lampen- und Leuchtenhersteller Siteco Beleuchtungstechnik GmbH und OSRAM GmbH, energieeffiziente Beleuchtungskonzepte für ihre Kommunen. Sie erhielten zudem fachliche

Unterstützung bei den Themen Verträge und Finanzierung durch die N-ERGIE und die BayernGrund GmbH. Besonders die Empfehlungen der Leitfäden des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit zur Straßen- und Platzbeleuchtung wurden in die Praxis umgesetzt.

Wichtigste Ziele aus Sicht der Kommunen waren die

- Auseinandersetzung mit neuen Techniken, vor allem LED und Lichtsteuerung,
- Erarbeitung langfristig betreibbarer, gesetzeskonformer Beleuchtungslösungen,
- Erarbeitung kostengünstiger mittelfristiger Beleuchtungskonzepte,
- Finanzierung von Modernisierungsmaßnahmen verschiedener Vertragsvarianten

Die folgende Abbildung zeigt, wann bestimmte Lampentypen in der EU nicht mehr verkauft werden dürfen:

LLT26 ¹ mit Halophosphat Leuchtstoff	LLT28 ² mit Halophosphat Leuchtstoff				1) T26: Leuchtstofflampe mit Rohrdurchmesser 26 mm
	HS mit geringer Standfestigkeit und die meisten HS in Standardausführung ³	HM	HI und HI-CE mit geringer Standfestigkeit ⁴		2) T38: Leuchtstofflampe mit Rohrdurchmesser 38 mm 3) HS-Lampen in Superausführung mit Betriebsdauern über vier Jahre dürfen in der EU auch weiterhin verkauft werden. Sie haben eine bis zu 20 % höhere Lichtausbeute als in der Standardausführung.
			wenig effiziente KVG ⁵		4) Systeme aus HI-CE und abgestimmtem EVG weisen meist die geforderte Standfestigkeit auf. 5) KVG für Leuchtstofflampen mit einer Energieeffizienzklasse niedriger als A 2 und wenig effiziente KVG für Hochdruckentladungslampen (vorwiegend mit Leistungen bis einschließlich 70 W)
2010	2012	2015	2017		

Ökodesign-Richtlinie – Hauptauswirkungen in der öffentlichen Außenbeleuchtung; Grafik: OSRAM

* Die Ökodesign-Richtlinie (2009/125/EG) hat eine verbesserte Energieeffizienz und allgemeine Umweltverträglichkeit von energieverbrauchsrelevanten Produkten zum Ziel; sie wurde in Deutschland mit dem Energiebetriebene-Produkte-Gesetz (EBPG) in nationales Recht umgesetzt. In Durchführungsmaßnahmen, die automatisch in allen EU-Mitgliedsstaaten gelten, werden produktspezifische Ökodesign-Anforderungen an ein Produkt einer Produktgruppe festgelegt. Diese Anforderungen können qualitative und quantitative Beschreibungen wesentlicher Umweltaspekte sein; ebenso können es quantifizierte Anforderungen zu ausgewählten Umweltaspekten wie Limitierungen des Energie- und Ressourcenverbrauchs oder von Schadstoffkonzentrationen im Gerät sein. So werden seit September 2009 Glühlampen und andere Lampen mit geringer Energieeffizienz europaweit schrittweise durch Lampen mit höherem Wirkungsgrad ersetzt.

2. Herangehensweise, Vorgaben und Techniken

2.1 Mögliche Schritte der Modernisierung

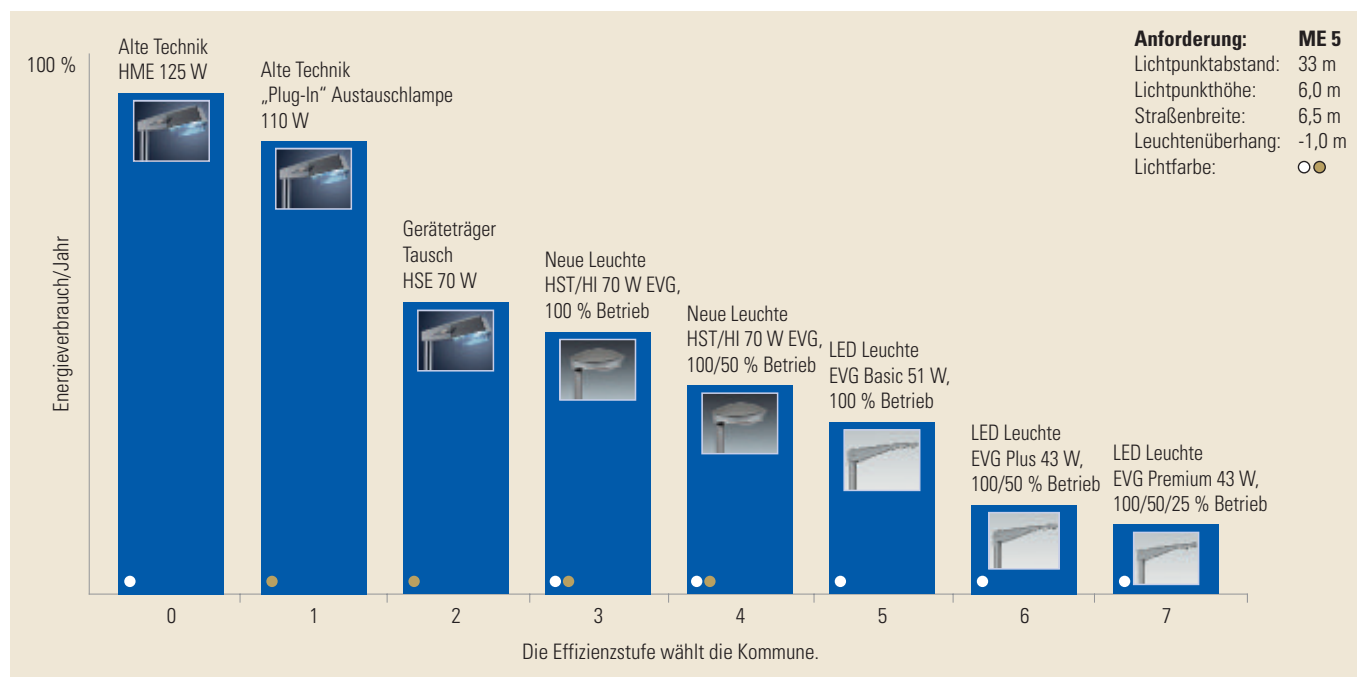
Die Energieeffizienz eines Lichtpunkts lässt sich durch zahlreiche technische Lösungen steigern. Das Stufenmodell zeigt am Beispiel einer 125 Watt Quecksilberdampf Lampe (HM) Anhaltswerte, wie der Energieverbrauch durch verschiedene Modernisierungsmaßnahmen gesenkt werden kann.

Alternativen für eine Modernisierung lassen sich in drei Kategorien einteilen:

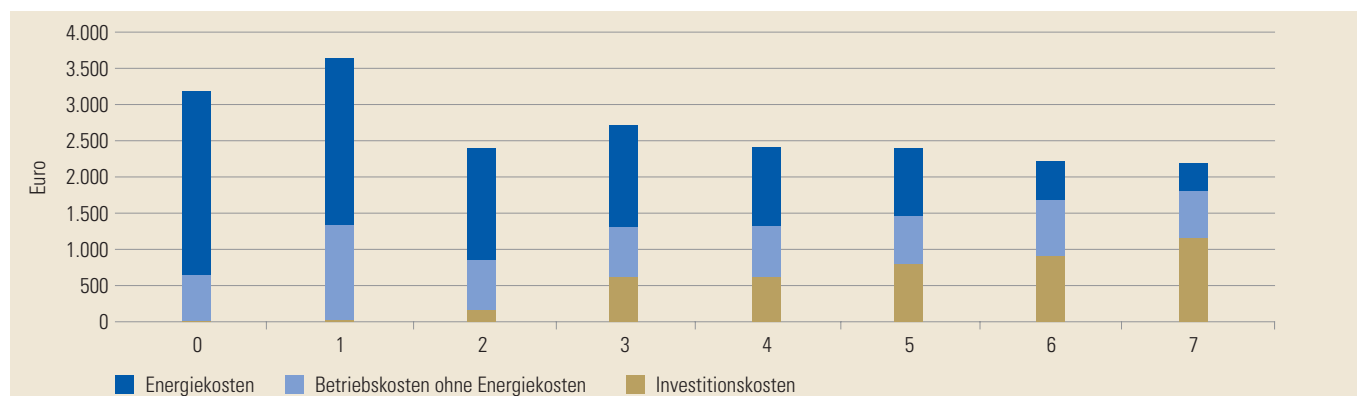
1. Einsatz einer „Plug-In-Lampe“
2. Austausch des Geräteträgers (nur bei entsprechendem Leuchtaufbau möglich)
3. Erneuerung des gesamten Leuchtenkopfes

Welche Stufe der Modernisierung im konkreten Anwendungsfall sinnvoll ist, sollte eine Kommune unter Berücksichtigung der Empfehlungen ihres Dienstleisters für die Straßenbeleuchtung entscheiden.

Das Säulendiagramm zeigt, wie sich die Kosten der Modernisierungsalternativen über die Lebensdauer verteilen. Sie beziehen sich nur auf die Leuchtenköpfe; Kosten für Erneuerung der Masten und Verkabelung sind nicht enthalten. Je nach vorhandener Infrastruktur können daher weitere Kosten entstehen.



Stufenmodell: Der Weg zur Energieeffizienz in der Straßenbeleuchtung; Grafik: Siteco



Säulendiagramm: Kosten der Modernisierungsalternativen (siehe Grafik oben) über die Lebensdauer von 25 Jahren für einen Kilometer Straße; Grafik: Siteco

2.2 DIN EN 13201

Die DIN EN 13201 bringt technische Anforderungen für die Straßenbeleuchtung auf ein gemeinsames europäisches Niveau und vereinheitlicht sie. Sie fordert eine homogene Ausleuchtung der Straßenoberfläche in allen Straßenkategorien. Straßenzonen mit wechselnder Helligkeit werden

vermieden, so dass sich die Wahrnehmung im nächtlichen Straßenverkehr verbessert. Durch die Einführung der DIN EN 13201 gibt es keine Umrüstpflcht für Altanlagen. Bei der Planung von Neuanlagen und bei Sanierungen ist sie zwingend anzuwenden.

2.3 LED

Licht emittierende Dioden (LED) unterliegen einer raschen Entwicklung und werden aktuell zum Standardleuchtmittel in der Straßenbeleuchtung. In Anlieger- und Sammelstraßen sowie an Fahrrad- und Fußgängerwegen ist die LED-Technologie bereits eine gute bis sehr gute Alternative. Dabei muss nicht auf die bevorzugte warmweiße Lichtfarbe verzichtet werden.

LED können konventionelle Leuchtmittel wie Quecksilberdampflampen bisher nur in wenigen Fällen 1:1 ersetzen. Das heißt, ein Wechsel auf LED erfordert meistens einen Austausch der kompletten Leuchte. Da viele Altanlagen nach jahrzehntelangem Betrieb in schlechtem Zustand sind, bietet sich ein vollständiger Ersatz (Leuchtmittel und Leuchte) an, so dass sich ein Ersatz durch moderne LED-Technik anbietet.

Die Vorteile der LED-Technologie gegenüber konventioneller Beleuchtung sind

- geringere Betriebs- und Wartungskosten durch
 - LED-Lebensdauer von mehr als 12 Jahren
 - längere Wartungszyklen
 - geringere Energiekosten
 - geringere Verschmutzungsanfälligkeit
 - geringe Ausfallwahrscheinlichkeit
- verlustfreie Regel- und Dimmbarkeit ohne Veränderungen der Lichtfarbe
- geringe Lockwirkung auf nachtaktive Insekten
- stark gerichtetes Licht (weniger Streulicht)



Modultauch bei einer LED-Leuchte; Foto: Siteco

Bislang haben Hersteller LED fest in den Leuchten verbaut, so dass am Ende der LED-Lebensdauer nach ca. 12 Jahren die komplette Leuchte erneuert werden muss. Viele Leuchtenhersteller haben diesen Nachteil erkannt und verbauen nun austauschbare LED-Module in ihren LED-Leuchten. In den nächsten Jahre erwarten Hersteller weitere Steigerungen der Lichtausbeute; dadurch wird sich die Lichtausbeute von warmweißen LED noch deutlich erhöhen. Durch den Einsatz modularer LED-Leuchten lassen sich zukünftig durch Austausch der Module weitere Energieeinsparungen realisieren.

Unsere Empfehlung

Auswahl robuster modularer LED-Leuchten mit Blick auf den zukünftigen Bezug von Ersatzmodulen

2.4 Lichtsteuerung

Zur Steuerung der Straßenbeleuchtung gibt es verschiedene Anlagentechniken: vom einfachen An- und Abschalten bis zur stufenlosen Regelung und Überwachung jedes einzelnen Lichtpunkts vom Zentralrechner. Die Techniken bieten in unterschiedlichem Maß Komfort und Betriebssicherheit. Moderne Entwicklungen erhöhen die Schalt- und Regelintelligenz einzelner Lichtpunkte und vermeiden die hohen Kosten für Signalstrecken; Neuerungen sind:

- Elektrische Vorschaltgeräte (EVG) mit stufenloser Leistungsreduktion für HS/HI-CE-Lampen sparen ca. 10 % Energie im Vergleich zu konventionellen Vorschaltgeräten (KVG) und verlängern die Betriebsdauer der Lampen um ca. 30 %.
- Integration von intelligenten Zusatzfunktionen in den EVG für HS/HI-CE und LED, z. B. eine interne Uhr zur autarken Nachtabsenkung in verkehrsarmen Zeiten oder eine Programmfunktion zur Kompensation des alterungsbedingten Lichtstromabfalls

- Zusatzkomponenten zur bewegungsgesteuerten Regelung der Straßenbeleuchtung (ohne Eingriff eines Zentralrechners in der betroffenen Leuchtengruppe) für Straßenzüge mit geringem Verkehrsaufkommen
- Steuereinheiten für den straßenseitigen Schaltschrank mit GSM-Kommunikation (Standard für digitale Mobilfunknetze) zum Zentralrechner.

Realisierbare Energieeinsparungen zeigt die Tabelle.

Im Schaltschrank verbaute Einheiten zur Absenkung der Versorgungsspannung können zur Unterversorgung von Lichtpunkten am Ende des Kabelstrangs führen; eine unzureichende Lichtleistung ist die Folge.

Art der Leistungsreduktion	Energieeinsparung	Anmerkungen, Vor- und Nachteile
Abschaltung einer Lampe in zweilampigen Leuchten in verkehrsarmen Zeiten¹	ca. 50 %	• geringe bis keine Einschränkung der Verkehrssicherheit; Konformität mit DIN EN 13201 abhängig von konkreter Beleuchtungssituation • Steuerader erforderlich • Leuchten mit zwei getrennten Vorschaltgeräten und Lampen erforderlich
Zentrale Absenkung über Steuerader¹ in verkehrsarmen Zeiten (z. B. von 70 W auf 50 W)	ca. 33 %	• bei angemessener Reduzierung keine Einschränkung der Verkehrssicherheit und Konformität mit DIN EN 13201 • Steuerader erforderlich • Leuchten mit Schalttechnik an der Steuerphase erforderlich
Programmierung im Lichtpunkt¹ in verkehrsarmen Zeiten (z. B. von 70 W auf 50 W)	ca. 33 %	• bei angemessener Reduzierung keine Einschränkung der Verkehrssicherheit und Konformität mit DIN EN 13201 • keine Steuerader erforderlich • Leuchten mit interner Steuerung (Uhr) erforderlich (bei LED-Leuchten meist Standard)
Lichtmanagement jedes einzelnen Lichtpunkts vom Zentralrechner	bis zu 60 %	• keine Einschränkung der Verkehrssicherheit bei angemessener Reduzierung • hoher Komfort in Installation und Pflege und bei wechselnden Beleuchtungsaufgaben (z. B. Straßenfesten) • uni-/bidirektionale Signalstrecke vom Zentralrechner zu jedem Lichtpunkt erforderlich • dimmbare Vorschaltgeräte mit Kommunikationsschnittstelle und Steuerbaustein in jedem Lichtpunkt
Bewegungsgesteuerte Lichtregelung der betroffenen Leuchtengruppe	bis zu 80 %	• Einsatz nur in Straßen mit geringem Verkehrsaufkommen • höchstes Reduzierungspotenzial bei Energieverbrauch und Lichtverschmutzung • noch in der Erprobungsphase • hohe Investitionskosten für Hochleistungssensoren, Signalübertragung von Leuchte zu Leuchte und Steuereinheiten • LED-Leuchten erforderlich

Energieeinsparung durch Lichtsteuerung; Tabelle: OSRAM, Siteco

1) Leistungsreduktion zwischen 22:00 und 5:00 Uhr

2.5 Wahl der Lichtfarbe

Hochdruck-Natriumdampflampen (HS-Lampen) kommen aufgrund hoher Lichtausbeute und langer Lebensdauer in allen Straßenkategorien zum Einsatz. Dabei wird oft nicht berücksichtigt, dass sich ihr gelbes Licht für die Beleuchtung von Anlieger- und Sammelstraßen nicht gut eignet. Durch die geringe Farbwiedergabe der HS-Lampen verliert das Straßenbild seine Farbtiefe (siehe Abbildung rechts). Außerdem erkennen Verkehrsteilnehmer Gefahren schlechter; das gilt besonders, wenn sich die Gefahrenlage zunächst neben der Fahrbahn entwickelt.

Die Hersteller haben neue Lichtquellen mit hoher Farbwiedergabe und warmweißer Lichtfarbe (HI-CE, LED) entwickelt, die in Lichtausbeute und Lebensdauer gleichwertig zu HS-Lampen sind. Durch ihren höheren Blauanteil geben diese Lichtquellen größere Lichtmengen in einer Frequenz ab, die vom Auge bei Dämmerlicht wahrgenommen werden kann. Die Tabelle zeigt den resultierenden Wahrnehmungsgewinn im nächtlichen Straßenverkehr. Diese Erkenntnisse fließen derzeit in die Normung ein.



Vergleich der Farbwiedergabe: neutralweiße LED, HS-Lampe und HM-Lampe (von oben nach unten); Fotos: Siteco

	HS-Lampen	LED- und HI-CE-Lampen für die Straßenbeleuchtung
Farbwiedergabeindex*	< 25	> 80
Farbtemperatur (in Kelvin)	2000 (gelb)	3000 (warmweiß) bis 5000 (neutralweiß)
Wahrnehmungsgewinn in nächtlicher Anliegerstraße (Leuchtdichte 0,3 cd/m²)	- 18 %	+ 10 %
Wahrnehmungsgewinn in nächtlicher Hauptverkehrsstraße (Leuchtdichte 1,5 cd/m²)	- 6 %	+ 4 %

Lichttechnische Parameter der modernen Leuchtmittel LED und HI-CE sowie herkömmlicher HS-Lampen; Tabelle: OSRAM

Cd = Candela, Lichtstärke

* Der beste Wert mit der natürlichen Farbwiedergabe ist 100.



Weißes Licht erlaubt eine rasche Orientierung in der Nacht. Foto: Siteco



LED-Licht erzeugt in Anwohnerstraßen sehr gute Sichtverhältnisse. Foto: Siteco

3. Kommunale Beleuchtungsverträge und rechtliche Rahmenbedingungen

3.1 Vertragsvarianten und Konsequenzen für die Finanzierung

Bei Modernisierungen spielen vertragliche Regelungen zu Eigentum und Betriebsführung an Beleuchtungsanlagen eine wichtige Rolle. In Bayern gibt es unterschiedliche Vertragsmodelle, wobei zwei Varianten überwiegen:

Variante 1 ist die in Bayerns Kommunen am häufigsten anzutreffende: Die Straßenbeleuchtung ist im unterhaltspflichtigen Eigentum eines qualifizierten Dritten. Das ist meist das Energieversorgungsunternehmen (EVU), das für die Grundversorgung vor Ort zuständig ist. Modernisierungen lassen sich in diesen Fällen am besten in Kooperation mit dem EVU realisieren. Für die Finanzierung bieten sich die in der Tabelle aufgeführten Optionen an.

Art der Finanzierung	Vorteile und Chancen	Nachteile und Barrieren	Hinweise
Vorfinanzierung durch EVU	keine Belastung des kommunalen Haushalts	- eingeschränkte Gestaltung für die Kommune bei Wahl der Leuchten- und Lampentechnik - keine Einspargarantien	bei vielen laufenden Verträgen nicht möglich
Eigenfinanzierung der Kommune	- Zugriff auf zinsgünstige Kommunaldarlehen - Energieeinsparungen kommen uneingeschränkt der Kommune zugute	- keine Einspargarantien - Belastung des Vermögenshaushalts	Straßenbeleuchtungs-Expertise zur Bewertung der Modernisierungsvorschläge des Energieversorgers vorteilhaft
Sonderfinanzierung (z. B. über BayernGrund)	- zinsgünstige Vorfinanzierung - flexible Vertragsgestaltung (z. B. Laufzeit) - außerhalb des kommunalen Vermögenshaushalts	keine Einspargarantien	Straßenbeleuchtungs-Expertise zur Bewertung der Modernisierungsvorschläge des Energieversorgers vorteilhaft

Variante 1: Straßenbeleuchtung im unterhaltspflichtigen Eigentum des EVU, mögliche Finanzierungsalternativen und weitere Auswirkungen

Variante 2: Die Straßenbeleuchtung ist im unterhaltspflichtigen Eigentum der Kommune, die Modernisierungen jederzeit und nach ihren Vorstellungen umsetzen kann. Über eine öffentliche Ausschreibung kann sie sich auch eines Dienstleisters bedienen, der z. B. Contracting-Lösungen anbietet. Für die Finanzierung von Modernisierungen sind folgende Optionen möglich:

Art der Finanzierung	Vorteile und Chancen	Nachteile und Barrieren	Hinweise
Eigenfinanzierung der Kommune	• großer Gestaltungsspielraum für die Kommune bei Wahl der Leuchten- und Lampentechnik • Know-how bleibt in der Kommune • Zugriff auf zinsgünstige Kommunaldarlehen • Kommune profitiert von Energieeinsparungen	• Belastung des Vermögenshaushalts • externe Expertise muss eventuell zusätzlich eingebunden und finanziert werden • mögliche Beitragspflicht der Anlieger nach Straßenausbaubeitragssatzung des Kommunalabgabengesetzes	• Straßenbeleuchtungs-Expertise vorteilhaft, eventuell externen Straßenbeleuchtungsexperten zur Wahl geeigneter Maßnahmen einbeziehen
Lichtliefer-Contracting	• Contractor finanziert und betreibt Beleuchtung auf eigenes Risiko	• eingeschränkte Gestaltung für die Kommune bei Wahl der Leuchten- und Lampentechnik • keine Einspargarantien	• Effizienzsteigerung als beiderseitiges Ziel
Einspar-Contracting	• Contractor finanziert und betreibt Beleuchtung auf eigenes Risiko • konsequente Verfolgung der Energieeinsparung • Entlastung des Vermögenshaushalts, da Investitionen über Einsparungen finanziert werden	• eingeschränkte Gestaltung für die Kommune bei Wahl der Leuchten- und Lampentechnik	• Anforderungen an die Beleuchtungslösung müssen in öffentlicher Ausschreibung als Qualitätskriterien definiert und zur fachlichen Bewertung der Angebote herangezogen werden
Sonderfinanzierung (z. B. über BayernGrund)	• zinsgünstige Vorfinanzierung • flexible Vertragsgestaltung (z. B. Laufzeit) • außerhalb des kommunalen Vermögenshaushalts • Kommune bleibt Eigentümer der Straßenbeleuchtung	• Fachexpertise muss gegebenenfalls zusätzlich eingebunden und finanziert werden	• Straßenbeleuchtungs-Expertise vorteilhaft; eventuell externen Straßenbeleuchtungsexperten einbeziehen

Variante 2: Straßenbeleuchtung im unterhaltspflichtigen Eigentum der Kommune, mögliche Finanzierungsalternativen und weitere Auswirkungen

3.2 Finanzierung und Recht

Neben der Eigenfinanzierung bieten sich alternative Finanzierungsmöglichkeiten an:

Einspar-Contracting

- Ein Dienstleistungsunternehmen finanziert und betreibt die Straßenbeleuchtung. Es refinanziert sich über Energieeinsparungen. Festgelegte Einspargarantien sind dabei der Vorteil für die Kommune.

Der Erfolg des Einspar-Contractings hängt maßgeblich von vertraglich vereinbarten Anforderungen an die Beleuchtungslösung ab. Diese müssen im Vorfeld von der Kommune definiert werden und bei einer öffentlichen Ausschreibung in die Bewertung der Angebote einfließen.

Lichtliefer- oder Energieliefer-Contracting

- Die Leistungen und Investitionen des Contractors werden nicht über die Energieeinsparungen finanziert, sondern durch monatliche Raten über eine bestimmte Laufzeit.

Sonderfinanzierungsmodell außerhalb des Vermögenshaushalts

- Für kommunale Baumaßnahmen bieten Institutionen wie die BayernGrund GmbH projektbezogene Sonderfinanzierungen als kreditähnliche Rechtsgeschäfte an. Dadurch wird der Vermögenshaushalt einer Kommune nicht belastet und die Umsetzung kann beschleunigt werden.

Hinweise zu rechtlichen Rahmenbedingungen

Straßenausbaubeiträge nach Bayerischem Kommunalabgabenrecht

Die Modernisierung der Straßenbeleuchtung ist nach Art. 5 Abs. 1 des Bayerischen Kommunalabgabengesetzes (KAB) nur beitragsfähig, wenn nachgewiesen wird, dass es sich um eine altersbedingte Erneuerung handelt oder die Beleuchtungssituation verbessert wird.

Konzessions- gegenüber Straßenbeleuchtungsverträgen

Konzessions- und Straßenbeleuchtungsverträge sind zwei voneinander zu trennende Verträge. Im Gegensatz zu Konzessionsverträgen sind Kommunen bei Straßenbeleuchtungsverträgen verpflichtet, die Leistungen öffentlich auszuschreiben. Viele der in der Vergangenheit dennoch gekoppelten Verträge laufen bis 2014 aus. Für Kommunen ergibt sich damit die Möglichkeit, das Eigentum der Straßenbeleuchtung, die Ausgestaltung einzelner Leistungen oder die Laufzeit der Verträge neu zu regeln.

Verkehrssicherungspflicht

Aus der allgemeinen Verkehrssicherungspflicht ergibt sich für Kommunen die Empfehlung, für eine ausreichende Beleuchtung zu sorgen. Auch wenn damit keine direkte Pflicht zur Straßenbeleuchtung besteht, orientiert sich die Rechtsprechung im Schadensfall, z. B. ein Verkehrsunfall im Zusammenhang mit unzureichender Beleuchtung, an den Empfehlungen der DIN EN 13201 als dem aktuellen Stand der Technik.

4. Praxisratgeber mit Modernisierungsbeispielen

4.1 Anlieger- und Sammelstraßen

In Kapitel 4 werden Auszüge der Modernisierungsprogramme vorgestellt, die die Kommunen im Projekt erarbeiteten. Es wurden vor allem Straßenzüge mit Modellcharakter für andere Kommunen ausgewählt, wobei die Straßentypen Anlieger-, Sammel- und Hauptverkehrsstraßen vertreten sind.

Beispiel für die Modernisierung „Am Kremelbach“, Stadt Bad Wörishofen

Anlass

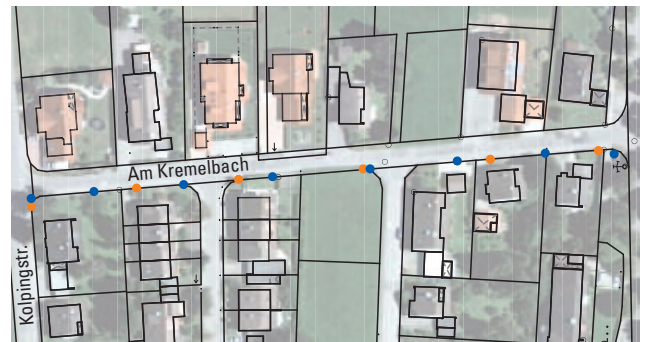
- Die Beleuchtungsqualität soll den Anforderungen der DIN EN 13201 entsprechen.
- Um die Kosten der Modernisierungsmaßnahme zu reduzieren, sollen die Straßenausbauarbeiten mit den Maststandortanpassungen kombiniert werden.

Konzept

Dem Stadtrat werden zwei Varianten zur Modernisierung vorgelegt (siehe Tabelle).

Ergebnis

Die Anpassung der Maststandorte ist durch begleitende Tiefbaumaßnahmen möglich. Für eine gleichmäßige Beleuchtung erfordert die LED-Alternative zwei zusätzliche Lichtpunkte. Die LED-Alternative ermöglicht in verkehrsarmen Zeiten eine Leistungsreduktion und senkt damit den Gesamtenergieverbrauch trotz zusätzlicher Lichtpunkte um 43 %.



Straßenzug „Am Kremelbach“; Beleuchtungsstandorte bei Sanierung mit konventioneller Beleuchtung (orange) und mit LED (blau); Grafik: Stadtwerke Bad Wörishofen

	Bisher	Variante 1	Variante 2
Leuchtenart	Langfeldleuchten	technische LED-Leuchten	technische Leuchten
Anzahl der Lichtpunkte	6	8	6
Lampentyp, Systemleistung	Kompakt Leuchtstofflampen 2 x 23 W	LED 28/14* W	HIT 46 W
Anschlussleistung, gesamt	276 W	224 W	276 W
Betrieb	4.000 Stunden/Jahr 100 % Betrieb	4.000 Stunden/Jahr, davon 1.600 Stunden im 100 % Betrieb, 2.400 Stunden im 50 % Betrieb $\pm$ 14 W	4.000 Stunden/Jahr 100 % Betrieb
Energieverbrauch pro Jahr	1.104 kWh	627 kWh	1.104 kWh
Energieverbrauch	100 %	57 %	97 %
Normerfüllung	nein	ja	ja

Varianten zur Modernisierung des Straßenzugs „Am Kremelbach“ in Bad Wörishofen

* Reduzierung in der Praxis zunächst zu testen

Beispiel für die Modernisierung „Tannenhofsiedlung“, Gemeinde Haar

Anlass

- Die Straßenausleuchtung ist oft ungenügend.
- Leuchten, Masten und Kabel sind meist stark veraltet; Straßenbeläge und Gehwege sind zu erneuern.

Vorgehen

- Der Gemeinderat wurde vom Nutzen des Modellvorhabens und LED-Technik überzeugt.
- Mittel werden in den Haushalt 2012 eingestellt.
- Der Energieversorger e.on ist eng eingebunden.

Ergebnis

Trotz acht weiterer Lichtpunkte ist der Gesamtenergie-

verbrauch in der Tannenhofsiedlung um 22 % reduziert.

Konzept

- Kompletterneuerung der Leuchten auf LED
- Optimierung der Lichtpunkthöhe
- gleichmäßige Verteilung der Leuchtenabstände
- Zählerinstallation zum Monitoring



Tannenhofsiedlung mit Lichtpunktplanung; blau: bisherige Lichtpunkte, orange: neue Lichtpunkte; Lageplan: e.on Bayern

Dekorative Beleuchtung	Bisher	Nachher
Leuchtenart	Pilzleuchten	dekorative LED-Leuchten
Anzahl der Lichtpunkte	7	12
Lampentyp, Systemleistung	Kompakt-LL, 3 x 15 W	LED, 34/15 W
Anschlussleistung, gesamt	315 W	408 W
Betrieb	4.000 Stunden/Jahr im 100 % Betrieb	4.000 Stunden/Jahr, davon 1.600 Stunden im 100 % Betrieb 2.400 Stunden im 50 % Betrieb $\triangleq$ 15 W
Energieverbrauch pro Jahr	1.260 kWh	1.085 kWh
Energieverbrauch	100 %	86 %
Normerfüllung	nein	ja

Modernisierung des Wohnviertels „Tannenhofsiedlung“ in Haar (Anliegerstraße und Eigentümerwege)

Leuchtenart	Langfeldleuchten	technische LED-Leuchten
Anzahl der Lichtpunkte	16	19
Lampentyp, Systemleistung	U-Leuchtstoffröhren, 43 W	LED, 43/20/10* W
Anschlussleistung, gesamt	688 W	817 W
Betrieb	4.000 Stunden/Jahr im 100 % Betrieb	4.000 Stunden/Jahr, davon 1.600 Stunden im 100 % Betrieb 1.400 Stunden im 50 % Betrieb $\triangleq$ 20 W 1.000 Stunden im 25% Betrieb $\triangleq$ 10 W
Energieverbrauch pro Jahr	2.752 kWh	2.029 kWh
Energieverbrauch	100 %	74 %
Normerfüllung	nein	ja

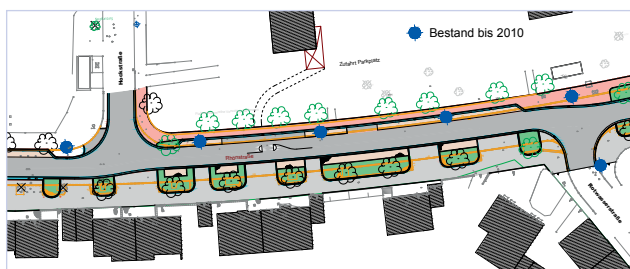
Modernisierung des Wohnviertels „Tannenhofsiedlung“ in Haar (Sammelstraßen)

Beispiel für die Modernisierung „Rhönstraße“, Stadt Aschaffenburg

Dieses Beispiel wurde bereits umgesetzt.

Anlass

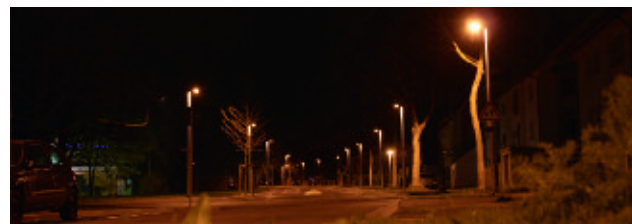
- Die Straßenbeleuchtung war über 35 Jahre alt und stark sanierungsbedürftig.
- Durch die Straßensanierung konnte die gesamte Straßenbeleuchtung neu geplant werden. Die Maststandorte wurden für eine gleichmäßige Beleuchtung nach DIN EN 13201 angepasst.



Alter Leuchtenbestand in der Rhönstraße; Lageplan: Aschaffenburg

Vorgehen

- Umfangreiche Bestandsaufnahme zur Klärung der Ausgangssituation
- Priorisierung und Auswahl der Sanierungsmaßnahmen und -gebiete
- Vorbereitung der Ersatzmaßnahmen:
 - Vorbemusterung potenziell geeigneter Leuchten
 - Feldversuch mit neuen Leuchten in den Sanierungsgebieten zur Prüfung der Beleuchtungsqualität, technischer Eignung und Bürgerakzeptanz
 - Ortstermin mit Stadtrat zur gemeinsamen Begutachtung der Leuchten



Sanierte Rhönstraße in neuem Licht; Foto: Aschaffenburg

- Vorlage eines beschlussfähigen Realisierungs- und Finanzierungskonzepts
- schrittweise Umsetzung der Maßnahmen

Konzept

- Kompletterneuerung der Leuchten und Masten
- Anordnung der Lichtpunkte beidseitig versetzt im Abstand von 30 Metern
- Gesamtkosten: rd. 100.000,- €

Ergebnis

Mit der Modernisierungsmaßnahme wurde der Energieverbrauch um 36 % reduziert (siehe Tabelle).

Vorbemusterung und Leuchtenausleihe

Die meisten Leuchtenhersteller bieten Kommunen eine Vorbemusterung von Leuchten an. Interessierte Kommunen haben die Möglichkeit, bei einer bis zu mehreren Wochen dauernden Ausleihe verschiedene Leuchtentypen vor Ort probeweise zu installieren. Manche Kommunen bieten ihren Bürgern an, ihre Meinung zu den Testleuchten abzugeben.

	Vorher	Nachher
Leuchtenart	Langfeld- und Kofferleuchten	technische Leuchten
Anzahl der Lichtpunkte	7 und 25	53
Lampentyp, Systemleistung	2 x LL 58 W; 2 x HME 80 W	HST, 50 W
Anschlussleistung, gesamt	5.230 W	3.340 W
Betrieb	4.400 Stunden/Jahr im 100 % Betrieb	4.400 Stunden/Jahr im 100 % Betrieb
Energieverbrauch pro Jahr	23.012 kWh	14.696 kWh
Energieverbrauch	100 %	64 %
Normerfüllung	nein	ja

Modernisierung der Rhönstraße in Aschaffenburg

Beispiel für die Modernisierung „Münchener Straße“, Gemeinde Aying

Anlass

- Die Münchener Straße ist eine wichtige Durchgangs-Sammelstraße mit einem täglichen Verkehrsaufkommen von ca. 3.000 Fahrzeugen.
- Die Qualität der Straßenausleuchtung ist ungenügend.



Münchener Straße bei Nacht; Foto: Aying

Konzept

In der Gemeinde besteht mehrheitlich der Wunsch, die neue Straßenbeleuchtung gestalterisch dem dörflichen Charakter anzupassen. Für diese Beleuchtungsaufgabe wurde daher eine dekorative Leuchte mit warmweißer Lichtfarbe gewählt. Mit dem Konzept gliedert sich die Straße in die Überlegungen zur Dorfentwicklung ein und gewährleistet zugleich eine DIN-gerechte Beleuchtung (siehe Tabelle).

Der Lageplan zeigt die Anordnung der neuen Straßenleuchten. Für die zusätzlichen Lichtpunktstandorte werden neue Leitungen verlegt. Angedacht wird eine indirekte Beleuchtung der straßenseitigen Höfe Sixthof und Pfarrhof.



Münchener Straße mit Lichtpunktplanung; Lageplan: Aying

Ergebnis

Bei der Modernisierung der Münchener Straße mit dekorativen LED-Leuchten erhöht sich die Anschlussleistung der Beleuchtung von 267 auf 369 W. Durch die deutlich niedrigere LED-Anschlussleistung und eine intelligente Steuerung kann der Energieverbrauch in den Nachtstunden im Vergleich zur alten Beleuchtungssituation dennoch geringfügig reduziert werden.

Jeder Straßenzug erfordert andere Kriterien für die Modernisierung. In der Münchener Straße in Aying ist der gestalterische Aspekt sehr wichtig, zugleich muss dem wachsenden Verkehrsaufkommen Rechnung getragen werden. Allein aus lichttechnischer, energieeffizienter und wirtschaftlicher Sicht wären hier technische Leuchten zu empfehlen.

	Bisher	Nachher
Leuchtenart	dekorativ: Bavaria von 1990	dekorative LED-Leuchten
Anzahl der Lichtpunkte	3	9
Lampentyp, Systemleistung	HME, 89 W	LED, 41/21 W
Lichtfarbe	neutralweiß	warmweiß
Anschlussleistung, gesamt	267 W	369 W
Betrieb	4.000 Stunden/Jahr im 100 % Betrieb	4.000 Stunden/Jahr, davon 1.600 Stunden im 100 % Betrieb 2.400 Stunden im 50 % Betrieb $\approx$ 20 W
Energieverbrauch pro Jahr	1.068 kWh	1.044 kWh
Energieverbrauch	100 %	98 %
Normerfüllung	nein	ja

Modernisierung der Münchener Straße in Aying

Beispiel für die Modernisierung „Esterwagnerstraße“, Gemeinde Höhenkirchen- Siegersbrunn

Anlass

- Die Esterwagnerstraße hat Verkehrssammelfunktion der angrenzenden Anwohnerstraßen. Sie führt zum S-Bahnhof und ist sehr stark frequentiert.
- Für 2011 ist der Neubau eines Gymnasiums geplant. Dadurch werden noch mehr Fußgänger, Rad- und Autofahrer die Straße nutzen; das Beleuchtungsniveau ist an die Nutzerfrequenz anzupassen.
- Die Straßenbeleuchtung ist 33 Jahre alt und stark sanierungsbedürftig.

Konzept

Die bisherigen Langfeldleuchten sollen durch moderne technische LED-Leuchten ausgetauscht werden.

Ergebnis

Trotz vermehrter Leuchtenzahl und höherer Anschlussleistung der Anlage kann durch intelligente Lichtsteuerung der jährliche Energieverbrauch um insgesamt 13 % reduziert werden. Die Sicherheit für alle Verkehrsteilnehmer erhöht sich enorm.



Esterwagnerstraße in der Nacht; Foto: Siteco



Empfehlung: Streetlight 10 LED Mini,
 Systemleistung 43/20/10 W;
 Foto: Siteco

Leuchtenalter

Eine Leuchte, die älter als 25 Jahre ist, gilt als technisch veraltet und sollte komplett ausgetauscht werden. Bei jüngeren Leuchten wird eine Überprüfung der Technik empfohlen. Der Tausch des Geräteträgers könnte z. B. die Effizienz steigern.

	Vorher	Nachher
Leuchtenart	Langfeldleuchten	technische LED-Leuchten
Anzahl der Lichtpunkte	10	14
Lampentyp, Systemleistung	U-Leuchtstoffröhren, 43 W	LED, 43/20/10 W
Anschlussleistung, gesamt	430 W	602 W
Betrieb	4.000 Stunden/Jahr mit 100 % Betrieb	4.000 Stunden/Jahr, davon 1.600 Stunden mit 100 % Betrieb 1.400 Stunden mit 50 % Betrieb $\pm$ 20 W 1.000 Stunden mit 25 % Betrieb $\pm$ 10 W
Energieverbrauch pro Jahr	1.720 kWh	1.495 kWh
Energieverbrauch	100 %	87 %
Normerfüllung	nein	ja

Modernisierung der Esterwagnerstraße in Höhenkirchen-Siegersbrunn

4.2 Hauptverkehrsstraße

Beispiel für die Modernisierung „Gunzenhausener Straße“ (B 13), Stadt Merkendorf

Anlass

- Langfeldleuchten sind nach dem Stand der Technik nicht mehr für die Beleuchtung von Hauptverkehrs- und Bundesstraßen geeignet.
- Die Leuchten sind mit baulichen Mängeln an den Tragwerken stark sanierungsbedürftig.
- Anpassung der Beleuchtungsqualität an die DIN EN 13201

Konzept

- Aufgrund der Klassifikation als Hauptverkehrs- und Bundesstraße mit einem täglichen Fahrzeugaufkommen von ca. 8.600 Fahrzeugen wird dem Konzept eine ME Beleuchtungsklasse nach DIN EN 13201 zugrunde gelegt.
- Der Altbestand wird komplett erneuert und um fünf Leuchten ergänzt.
- Standortanpassung der Leuchten für eine gleichmäßige Ausleuchtung nach DIN EN 13201

Ergebnis

Nicht in jeder Beleuchtungssituation sind Energieeinsparungen möglich, z. B. wenn Aspekte wie Beleuchtungsklasse und Verkehrssicherheit im Vordergrund stehen. Durch die notwendige Anpassung der Anlage an die DIN EN 13201 ist eine Erhöhung der Leuchtenzahl und der Gesamtleistung erforderlich.



Blick in die Gunzenhausener Straße; Foto: Merkendorf



Variante 1:
SR 100 150 W HST
(Leuchtenabstand 38 Meter);
Foto: Siteco



Variante 2:
SL 10 LED 159 W
(Leuchtenabstand 42 Meter);
Foto: Siteco

	Bisher	Variante 1	Variante 2
Leuchtenart	Langfeld- und Kofferleuchten	Technische LED-Leuchten	Kofferleuchten
Anzahl der Lichtpunkte	9 und 1	14	14
Lampentyp, Systemleistung	LL, 2 x 58 W und 3 x 58 W sowie HST, 150 W	LED, 159 W	HST, 150 W
Anschlussleistung, gesamt	1.500 W	2.226 W	2.268 W
Betrieb	4.085 Stunden/Jahr im 100 % Betrieb	4.085 Stunden/Jahr im 100 % Betrieb	4.085 Stunden/Jahr im 100 % Betrieb
Energieverbrauch pro Jahr	6.128 kWh	9.093 kWh	9.265 kWh
Energieverbrauch	100 %	148 %	151 %
Normerfüllung	nein	ja	ja

Varianten zur Modernisierung der Gunzenhausener Straße (B13) in Merkendorf

5. Fazit

Bayerische Städte und Gemeinden profitieren erheblich von energieeffizienten Beleuchtungslösungen ihrer Straßen und Plätze. Neben Energie- und Kosteneinsparungen werden Anforderungen an die Sicherheit erfüllt, das Wohlbefinden der Bürger gesteigert und das Klima geschützt.

Bei dieser Aufgabe unterstützt das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit die Kommunen. Nach zwei erfolgreichen Vorgängerprojekten und Leitfäden entwickelten jetzt sechs bayerische Städte und Gemeinden konkrete Modernisierungen ihrer Straßenbeleuchtung. Im Vordergrund standen innovative Techniken, Vertragsgestaltung und Finanzierungsmöglichkeiten.

Um bei der Modernisierung die individuell beste Lösung zu finden, arbeiteten die Kommunen mit Vertretern der Lampen- und Leuchtenindustrie sowie eines Energieversorgungsunternehmens in einem Produktgremium zusammen. Mit diesem bewährten Instrument der Integrierten Produktpolitik (IPP) gelang es, Beteiligte mit unterschiedlichem Fachwissen und Sichtweisen an einen Tisch zu

bringen. Die Teilnehmer erlebten, dass sich dieses Vorgehen besonders gut eignet, um komplexe Sachverhalte mit einer Vielzahl technischer, rechtlicher und finanzieller Aspekte zu betrachten.

Für jede Stufe zur Modernisierung der Straßenbeleuchtung steht eine große Auswahl leistungsfähiger und umweltschonender Techniken zur Verfügung. Mittlerweile können zum Beispiel LED-Leuchten in Straßen mit geringem bis mittlerem Verkehrsaufkommen wirtschaftliche Vorteile bringen. Möglichkeiten der Finanzierung und individuelle Vertragsgestaltungen wurden besonders berücksichtigt, weil sie oft Hindernisse für Modernisierungen darstellen.

Die sechs im Projekt beteiligten Städte und Gemeinden haben Beispiele „in der Praxis für die Praxis“ anderer Kommunen geschaffen und zeigen, wie sie sich der Herausforderung einer modernen Straßenbeleuchtung stellen können. In jedem Fallbeispiel gelang es, die beste Lösung für Mensch, Umwelt und kommunalem Haushalt zu finden.



Marienplatz Mindelheim: Beleuchtung mit effizienten Halogen-Metall dampflampen; Foto: Siteco



Die IPP-Leitfäden „Energieeffiziente Modernisierung der Straßenbeleuchtung“ und „Energieeffiziente Beleuchtung öffentlicher Plätze“ sowie weiterführende Informationen sind unter www.ipp-bayern.de abrufbar. Das Bayerische Landesamt für Umwelt hat zudem den Leitfaden „Effiziente Lichtsysteme – Energie sparen – Klima schützen – Kosten senken!“ erarbeitet. Alle Broschüren stehen unter www.bestellen.bayern.de zur Verfügung.

Impressum

Herausgeber: Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Gesundheit (StMUG)
Rosenkavalierplatz 2, 81925 München
Internet: www.stmug.bayern.de
E-Mail: poststelle@stmug.bayern.de

Gestaltung: kreativmandat, München
Titelfotos: Siteco
Druck: Senser Druck, Augsburg

Stand: Mai 2011

© StMUG, alle Rechte vorbehalten

Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier

Diese Druckschrift wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung.

Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars erbeten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Publikation wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt.

Der Inhalt wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

Projektpartner



**STADT
ASCHAFFENBURG**

Aschaffenburg
Uwe Winkler
Christoph Otto
Karlsplatz 2
63739 Aschaffenburg
Tel.: +49 6021 330-1356
www.aschaffenburg.de



Aying
Karl Ortner
Kirchgasse 4
85653 Aying
Tel.: +49 8095 9095-0
www.aying.de



Bad Wörishofen
Klaus Holetschek, 1. Bürgermeister
Bürgermeister-Ledermann-Str. 1
86825 Bad Wörishofen
Tel. +49 8247 9690-0
www.bad-woerishofen.de



**GEMEINDE
HAAR**

Haar
Michael von Ferrari
Bahnhofstr. 7
85540 Haar
Tel.: +49 89 46002-312
www.gemeinde-haar.de



Höhenkirchen-Siegertsbrunn
Bernhard Huber
Peter Kipp
Rosenheimer Str. 26
85635 Höhenkirchen-Siegertsbrunn
Tel.: +49 8102-8841 oder -3554
www.hoehenkirchen-siegertsbrunn.de



Merkendorf
Hans Popp, 1. Bürgermeister
Marktplatz 1
91732 Merkendorf
Tel.: +49 9826 650-10
www.merkendorf.de



OSRAM GmbH
Dr. Matthias Baur
Hellabrunner Str. 1
81543 München
Tel.: +49 89 6213-3619
www.osram.de



Siteco Beleuchtungstechnik GmbH
Karl Schneider
Georg-Simon-Ohm-Str. 50
83301 Traunreut
Tel.: +49 8669 33-0
www.siteco.de

Projektleitung



bifa Umweltinstitut
Bernhard Gerstmayr
Am Mittleren Moos 46
86167 Augsburg
Tel: +49 821 7000-0
www.bifa.de

**Die Projektpartner bedanken sich für die fachliche
Unterstützung von**



N-ERGIE Netz GmbH
Matthias Schmidt
Hainstr. 34
90461 Nürnberg
Tel: +49 911 802-17755
www.n-ergie-netz.de