



Energieeffiziente Modernisierung der Straßenbeleuchtung

Empfehlungen für Kommunen

IPP
Integrierte
Produktpolitik



Denken in Lebenszyklen

Vorwort

Eine gute Straßenbeleuchtung setzt gestalterische Akzente und gibt Sicherheit auf den Straßen. Sie erhöht so die Qualität des Wohnumfeldes unserer Bürger.

Eine auf Nachhaltigkeit angelegte Kommunalpolitik muss sich dem Umwelt- und Klimaschutz annehmen. Das 2008 in Kraft getretene Energiebetriebene-Produkte-Gesetz und die in Kürze absehbaren Verbote für energieintensive Lampen werden die Kommunen zu weitreichenden Entscheidungen zwingen. Anschaffung und Unterhalt geeigneter Beleuchtungssysteme können die kommunalen Haushalte jedoch erheblich belasten.

Mit dem Konzept der Integrierten Produktpolitik (IPP) lassen sich am Beispiel „Straßenbeleuchtung“ ökologische und wirtschaftliche Belange sehr gut verbinden. Technisch optimierte, langlebige Leuchten verringern den Materialverbrauch und sparen durch wirtschaftlichen Betrieb Energie und Kosten ein.

Wir wollen die bayerischen Kommunen bei der Gestaltung einer energieeffizienten Straßenbeleuchtung durch die ermutigenden Ergebnisse dieses Pilotvorhabens unterstützen. Alle Beteiligten brachten hierbei ihr Wissen und ihre Erfahrungen als sogenanntes „Produktgremium“, ein zentrales IPP-Instrument,

zum Erreichen des Projektziels ein: die Leuchten- und Lampenhersteller, die Stromversorger und die Beispielkommune Friedberg.

Dieser Leitfaden beschreibt am Beispiel der Straßenbeleuchtung Schritt für Schritt den erforderlichen Modernisierungsprozess. Er zeigt auch das Für und Wider bestimmter Finanzierungsmodelle auf. Wir wünschen uns, dass möglichst viele bayerische Kommunen diesen energiesparenden und damit klimafreundlichen Weg gehen.

Weitere Informationen dazu sind unter www.ipp-bayern.de zu finden.



Dr. Markus Söder MdL
Staatsminister



Melanie Huml MdL
Staatssekretärin

Inhalt

1. Einführung	4
2. Neue Technik für Energieeffizienz und Klimaschutz	5
2.1. Lampen	5
2.2. Leuchten und Lichtmanagement	6
2.3. Zukunftstechnologie LED	8
3. Finanzierung	9
3.1. Finanzierung aus dem kommunalen Vermögenshaushalt	9
3.2. Contractinglösungen	10
3.3. Eigenfinanzierung und Contracting im Vergleich	11
4. Umsetzung am Beispiel Friedberg	12
4.1. Akteure und ihre Zusammenarbeit	12
4.2. Optimierungsmaßnahmen in Friedberg	13
5. Vorgehensweise für Kommunen	15
6. Fazit	18

Definitionen

DIN EN 13201: ist die aktuelle europäische Norm „Straßenbeleuchtung“. Sie gibt Empfehlungen zur Planung von Straßenbeleuchtungsanlagen.

EBPG: Energiebetriebene-Produkte-Gesetz; setzt die EuP-Richtlinie der EU in deutsches Recht um.

ESD-Richtlinie 2006/32/EG: Directive on Energy End Use Efficiency and Energy Services (Energie-Dienstleistungsrichtlinie)

EuP-Richtlinie 2005/32/EG: Directive on Eco-design of Energy-using Products (EU-Rahmenrichtlinie zum Ökodesign energiebetriebener Produkte)

Farbwiedergabe-Index [dimensionslos]: Auswirkung einer Lichtart auf den Farbeindruck von Objekten; der maximale Index von 100 stellt eine optimale Farbwiedergabe dar.

Lampe: die Quelle optischer Strahlung (Leuchtmittel), z. B. die Leuchtstofflampe, die Halogen-Metaldampflampe oder die Natriumdampf-Hochdrucklampe

LED: Light Emitting Diodes (Leuchtdioden)

Leuchte: ist ein elektrisches Gerät zur Aufnahme der Lampe (Leuchtmittel). Sie besteht aus Gehäuse und Reflektor sowie den zum Betrieb der Lampe notwendigen Betriebsmitteln (Vorschaltgerät, Zündgerät, Kondensator, Anschlussklemmen etc.).

Lichtausbeute [lm/W]: Verhältnis des Lichtstroms einer Lampe pro aufgewendete elektrische Leistung, teilweise unter Berücksichtigung des Vorschaltgeräts

Lichtstrom [Lumen, lm]: die gesamte Lichtleistung, die von einer Lampe in alle Richtungen abgegeben wird.

Nutzlebensdauer: Zeitraum, nach dessen Ablauf die Lampe ausgewechselt werden sollte, da der Anlagen-Lichtstrom nicht mehr ausreicht.

1. Einführung

Ein Drittel der Straßenbeleuchtung in Deutschland ist älter als 20 Jahre, ineffiziente Lampen und Leuchten sind weit verbreitet. Durch die Modernisierung ihrer Straßenbeleuchtung können Kommunen zum Klimaschutz beitragen, ihren Energieverbrauch und ihre Kosten senken und die Beleuchtungsqualität verbessern.

Auch der Gesetzgeber hat sich dieser Herausforderung angenommen. Die Durchführungsmaßnahmen der EuP-Richtlinie 2005/32/EG legen Mindestanforderungen an energieverbrauchende Produkte fest. In Deutschland wurde die Richtlinie durch das Energiebetriebene-Produkte-Gesetz (EBPG) umgesetzt. Europaweit werden nicht effiziente Lampen künftig stufenweise wie folgt ausgephast; das heißt, sie dürfen nicht mehr vertrieben werden (Stand 10/2008):

2010:

Ausphasen von Halophosphat-Leuchtstofflampen

2012:

Ausphasen weniger effizienter Natriumdampf-Hochdrucklampen; hochwertige Typen bleiben erhalten.

2015:

Ausphasen von Quecksilberdampflampen
Ausphasen von Natriumdampf-Hochdruck-Plug-in-Lampen

2017:

Erhöhte Anforderungen für Halogen-Metaldampflampen mit dem Ziel der Effizienzsteigerung bis 2017
Ausphasen konventioneller Vorschaltgeräte

Kommunen müssen sich auf diese Änderungen einstellen. Das ist eine anspruchsvolle Aufgabe, denn

- die Investitionskosten sind erheblich,
- die Beleuchtungsqualität muss erhalten oder verbessert werden,
- eine Fülle an Gesetzen, Verordnungen und Normen regelt die Straßenbeleuchtung,
- es steht eine breite Produktpalette zur Verfügung,
- Lampen und Leuchten sind ohne Effizienzverluste nicht beliebig mit einander kombinierbar und
- Vertragsbeziehungen mit Energieversorgern und andere Faktoren erschweren die Situation zusätzlich.

Zur Unterstützung der Kommunen in Bayern wurde dieser IPP-Leitfaden im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit (StMUG) von der Stadt Friedberg, dem Lampenhersteller OSRAM GmbH, dem Leuchtenhersteller SITECO Beleuchtungstechnik GmbH und dem Energieversorger LEW Netzservice GmbH unter der Moderation der bifa Umweltinstitut GmbH entwickelt. Am Beispiel Friedberg wurde untersucht, welche Modernisierungsmöglichkeiten bestehen und wie Kommunen ihre Vorgehensweise planen und umsetzen können.

Alle Beteiligten legten Wert darauf, dass

- die Maßnahmen über einfachen Lampentausch, Abschaltung von Leuchten oder zentrales Dimmen durch Spannungsabsenkung hinaus gehen müssen und
- die Qualität der Beleuchtung nicht schlechter werden darf, sondern verbessert werden sollte.



2. Neue Technik für Energieeffizienz und Klimaschutz

2.1 Lampen

Folgende Lampentypen eignen sich für eine energieeffiziente Straßenbeleuchtung:

- Effiziente Natriumdampf-Hochdrucklampen von Premiumqualität
 - gelbes Licht, verringerter Insektenanflug
- Halogen-Metaldampflampen mit Keramiktechnologie
 - weißes Licht
- Leuchtstofflampen und Kompaktleuchtstofflampen
 - temperaturunabhängig konstant hoher Lichtstrom
 - aber: begrenzte Möglichkeiten zur Lichtlenkung aufgrund ihrer Geometrie
- LED
 - hoch effiziente Zukunftstechnologie
 - Einsatz derzeit vor allem in der Architekturbeleuchtung
 - stetige Weiterentwicklung von Straßenleuchten mit LED



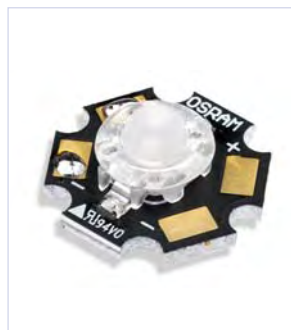
Natriumdampf-Hochdrucklampe
Foto: OSRAM



Halogen-Metaldampflampe
mit Keramiktechnologie
Foto: OSRAM



Leuchtstofflampe
Foto: OSRAM



LED
Foto: OSRAM

Der alleinige Lampenwechsel bei bestehender Leuchte (Plug-In) ist zwar eine einfache Lösung, hat aber nur geringes Einsparpotenzial. Die komplette Neuinstallation von Leuchtenkopf, Lampe und Vorschaltgerät ist dem Plug-In vorzuziehen, da sie zu deutlich besserer Lichtausbeute und Energieeffizienz führt. Für einen Lampenwechsel gibt es folgende Möglichkeiten:

PLUG-IN

Austausch durch eine Lampe anderer Technologie, die in der Originalbrennstelle (Fassung, Vorschaltgerät, Reflektor) betrieben werden kann.

Beispiel: Ersatz einer 125 W Quecksilberdampflampe durch 110 W Plug-In Natriumdampf-Hochdrucklampe;

- minimale Energieeinsparung von nur ca. 10 %
- gelbes statt weißes Licht
- wenn technisch möglich (mit veränderter Drosselanzapfung) Ersatz durch eine 68 W Plug-In Natriumdampf-Hochdrucklampe mit ca. 40 % Energieeinsparung

UMRÜSTEN

– Wechsel des Vorschaltgeräts und gegebenenfalls Zündgeräts unter Beibehaltung von Sockel und Reflektor

– Höhe des Lichtstroms bleibt erhalten, Energieeinsparung durch bessere Technologie von Lampe und Vorschaltgerät

– aber: Leuchte verliert ihre Prüfzeichen, z. B. das VDE-Zeichen

Beispiel: Ersatz einer 125 W Quecksilberdampflampe durch eine 70 W Natriumdampf-Hochdrucklampe mit ca. 40 % Energieeinsparung, dafür gelbes statt weißes Licht

ERNEUERUNG

– Wechsel des kompletten Leuchtenkopfs inklusive Reflektortechnik

– dadurch zusätzlich Optimierung der Lichtverteilung

– teuerste aber mit Abstand beste Version, die alle technischen Fortschritte von Lampe und Leuchte nutzt

Beispiel: Ersatz einer Leuchte mit 125 W Quecksilberdampflampe durch eine moderne Leuchte mit 35 W Halogen-Metaldampflampe mit Keramiktechnologie mit ca. 70 % Energieeinsparung

Lampentypen und ihre Eigenschaften

Typ	Lichtausbeute / Wirtschaftlichkeit [lm/W]	Potenzial [lm/W]	Nutzlebens- dauer [h]	Farbwiedergabe- index	Farbe
Natriumdampf-Hochdrucklampen	90 – 150	150	16.000	20 – 40	gelb
Halogen-Metall dampflampen	100 – 120	150	6 – 10.000	80 – 90	weiß
Kompaktleuchtstofflampen	80	bis 110	6 – 12.000	80 – 90	weiß
Leuchtstofflampen	100	bis 120	18.000**	80	weiß
Quecksilberdampflampen	50	50	8.000	40 – 60	weiß
LED-Komponente	100	175	> 50.000	80 – 90	weiß
LED (System)	70*	120	~ 30.000	80 – 90	weiß

* Stand 2008; 2010: 100 lm/W ** am EVG

Steigerung der Effizienz bei Lampenwechsel ohne Leuchtenwechsel

Veraltete Technologie	Neue Technologie	Effizienzsteigerung [lm/W in %]
Leuchtstofflampen	Halogen-Metall dampflampen	ca. 25
Quecksilberdampflampen	Natriumdampf-Hochdrucklampen Plug-In	ca. 10 – 15
Quecksilberdampflampen	Natriumdampf-Hochdrucklampen	ca. 40 – 45
Quecksilberdampflampen	Halogen-Metall dampflampen	ca. 45

2.2 Leuchten und Lichtmanagement

Moderne Reflektortechnik lenkt das Licht dahin, wo es gebraucht wird: auf die Straße und den Gehweg. Streulicht und Blendung werden vermieden, die Energieeffizienz gesteigert, CO₂-Emissionen reduziert. Auch der Insektenanflug kann bei hoher Beleuchtungsqualität vermindert werden.

Elektronische Vorschaltgeräte (EVG) minimieren die Verlustleistung, steigern die Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit der Straßenbeleuchtung und tragen zu mehr Sicherheit auf unseren Straßen bei.

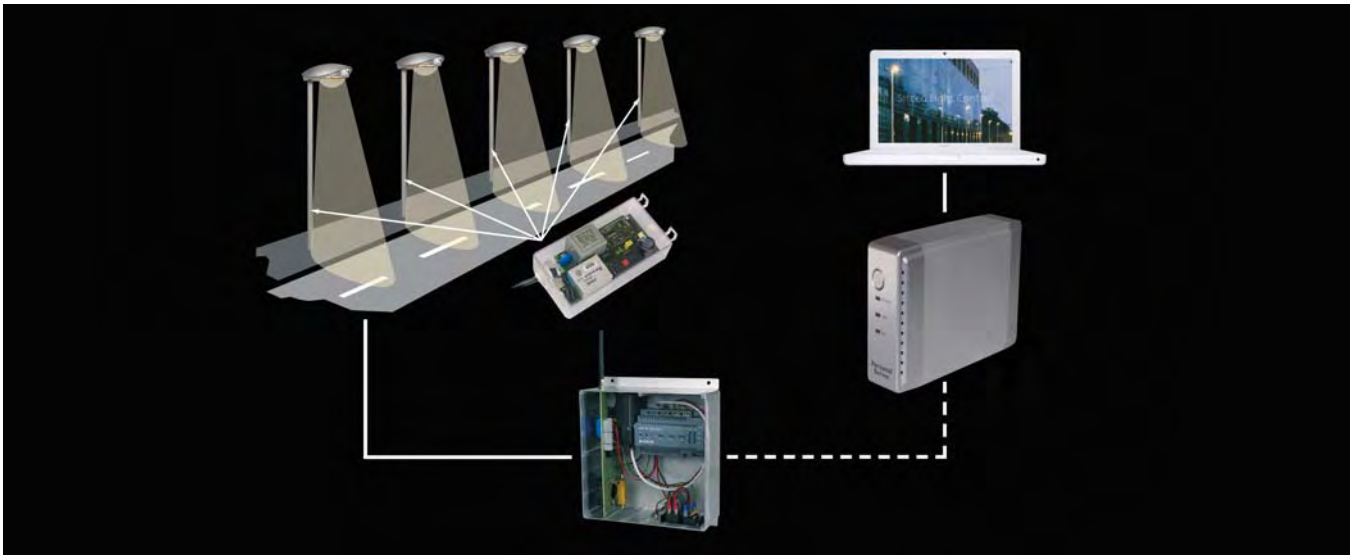
Die Kombination macht's

Nicht nur die Einzelkomponenten einer Leuchte müssen höchsten Ansprüchen genügen. Erst das Zusammenspiel von Reflektor, Lampe, Vorschaltgerät und lichttechnischer Leuchtenabdeckung ist entscheidend für beste Lichtqualität und hohe Effizienz. Alle Komponenten müssen optimal aufeinander abgestimmt sein.

Lichtmanagementsysteme

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, durch Lichtsteuerung Energie zu sparen. Zur Optimierung des Einschaltzeitpunkts dienen Rundsteuersignale, Dämmerungsschalter oder astronomische Zeitschaltuhren. Halbnachtschaltungen reduzieren den Energieverbrauch zusätzlich zu verkehrsarmen Zeiten. Ziel muss immer sein, **Licht je nach Bedarf** bereit zu stellen.

Mit intelligenten Lichtmanagementsystemen ist schon heute eine individuelle und bedarfsabhängige Beleuchtung von Straßen, Plätzen, Fußgängerzonen, Parkanlagen, Spielplätzen und Sportstätten möglich. Das erhöht die Sicherheit, reduziert Kosten, spart Energie und schützt die Umwelt. Im Moment sind Lichtmanagementsysteme in vielen Einsatzbereichen noch sehr teuer. Die Technologie wird im Bereich der Straßenbeleuchtung weiter optimiert und bei vermehrtem Einsatz voraussichtlich auch kostengünstiger werden.



Lichtmanagementsystem

Grafik: SITECO

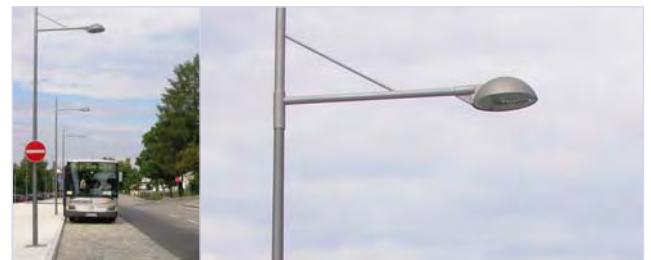
Veraltete Leuchten mit ineffizienten Reflektoren und Vorschaltgeräten sowie vergilbten und verschmutzten Wannen verbrauchen viel Energie und bringen wenig Licht. Unzuverlässige Bauteile und unzeitgemäße Konstruktion führen zu erhöhtem Wartungsaufwand. Solche Leuchten sind heute noch weit verbreitet.

Moderne Leuchten gestalten das Stadtbild, sorgen für Sicherheit im Straßenverkehr, sind effizient und schonen die Umwelt. Zudem sind sie wartungsfreundlich.



Veraltete Kofferleuchte am Straßenrand

Foto: SITECO



Moderne Straßenleuchte, Bushaltestelle in Ebersberg

Foto: SITECO

2.3 Zukunftstechnologie LED

Mit LED-Technik ausgestattete Straßenleuchten sind derzeit vor allem aufgrund ihrer hohen Anschaffungskosten keine Standardlösung. Durch die rasche und stetige Weiterentwicklung im LED-Bereich ist jedoch absehbar, dass sie zukünftig die ökologischen und ökonomischen Anforderungen an eine moderne Straßenbeleuchtung erfüllen. Die Effizienz der LED steigt kontinuierlich; die heutige Großserienfertigung liegt je nach Lichtfarbe bei 70 bis 90 lm/W, in zwei Jahren werden es etwa 90 bis 120 lm/W sein. Die besten konventionellen Lampen sind Natriumdampf-Hochdrucklampen mit Werten von 90 bis 150 lm/W.

Vorteile der LED:

- hohe Flexibilität durch an die Beleuchtungsaufgabe individuell angepassten Aufbau (im Gegensatz zu Standard-Wattagen)
- exakte Lichtlenkung
- lange Lebensdauer (LED-Systeme ca. 30.000 Std.; zum Vergleich: Natriumdampf-Hochdrucklampen ca. 16.000 Std.)
- geringer Wartungsaufwand (bis zu zehn Jahre im Gebrauch wartungsfrei)
- Farbtemperatur des weißen Lichts frei wählbar (exakte Abstufungen möglich)
- dynamische Anpassung des Lichts an die Nutzung
 - Dimmbarkeit von 0 bis 100 %
 - situationsabhängige Beleuchtung, z. B. Bewegungsmeldung
 - sofortige On/Off-Schaltung

Technische Voraussetzungen für die Nutzung der Vorteile:

- Einsatz qualitativ hochwertiger Komponenten
- Abstimmung der Komponenten aufeinander
- Thermomanagement (Leuchtendesign individuell abgestimmt)

Bei Umrüstung bestehender Straßenleuchten auf LED-Technik ist Folgendes zu berücksichtigen:

- Überprüfung der Lichtpunkte (beeinträchtigte Gesamtausleuchtung einer Fläche durch punktuelle Lichtlenkung mit weniger Streulicht möglich)
- individueller Umbau je nach Leuchtentyp erforderlich (Anordnung der LED)
- Machbarkeit der erforderlichen Farbtemperatur bei gesteigerter Energieeffizienz
- Thermomanagement (Leistungsaufnahme einer LED begrenzt durch Maximaltemperatur des Halbleiters; Ausfall der LED ab ca. 150 °C)

Fazit

Aktuell bieten LED hochwertige und energieeffiziente Lösungen für Tunnel-, Architektur- und Innenstadtbeleuchtungen. Sie eignen sich für dekorative und dynamische Effektbeleuchtungen. Bei Neuinstallationen und Erneuerungen in der Straßenbeleuchtung sollte der Einsatz von LED erwogen werden, wenn alle Vorteile komplett ausgeschöpft werden können. Ideal sind LED für komplexe Beleuchtungsaufgaben, zum Beispiel Kreisverkehre oder enge Straßen. Die Effizienz der LED wird in den nächsten Jahren weiter steigen. Deshalb kann sie neben konventionellen Techniken Einzug in die Straßenbeleuchtung halten.

Bei Überlegungen zur Umrüstung bestehender Straßenleuchten auf LED sind mögliche Nachteile genau abzuwägen. Insbesondere ist auf ein geeignetes Thermomanagement das Hauptaugenmerk zu legen.

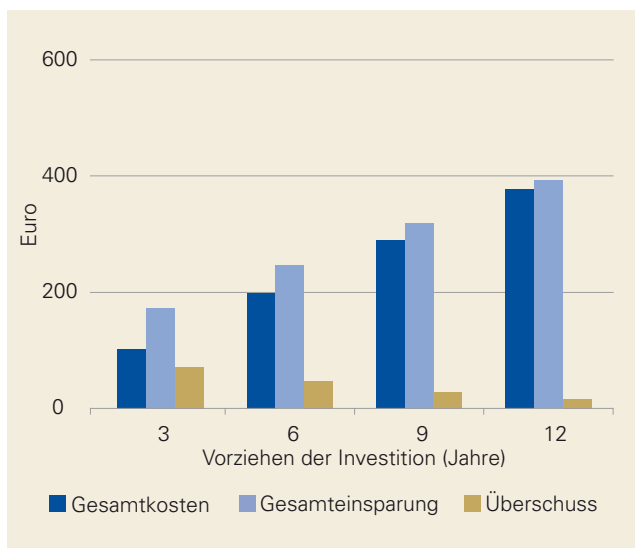


Platz- und Straßenleuchte DL10 mit LED-Technik
 Foto: SITECO

3. Finanzierung

3.1 Finanzierung aus dem kommunalen Vermögenshaushalt

Eine Modernisierung der Straßenbeleuchtung durch Umrüstung – Austausch der Lampen und gegebenenfalls der Vorschaltgeräte – der teilweise sehr alten Leuchten, amortisiert sich meist schon nach wenigen Jahren. Größere Effekte können mit Erneuerungsmaßnahmen, also durch den deutlich teureren Austausch von Lampen und Leuchten erzielt werden. Zusätzliche Energieeinsparungen werden so früher wirksam, die Kosten für erforderliche Umrüstungen alter Leuchten werden eingespart. Der Restwert der alten Leuchten muss jedoch berücksichtigt werden.



*Kosteneffekte vorgezogener Ersatzinvestition in neue Leuchten.
Vorher: Kofferleuchte mit 125 W Quecksilberdampf Lampe,
nachher: neue Leuchte mit 70 W Halogen-Metaldampf Lampe und
Keramiktechnologie; Kosteneffekte beim Vorziehen um bis zu 12 Jahre*

Die erforderlichen Investitionen beeinflussen den kommunalen Haushaltsplan in zwei Bereichen:

- Über den Verwaltungshaushalt sind laufende Ausgaben wie Energiekosten für die Straßenbeleuchtung abzudecken. Die Einnahmen müssen dabei die Ausgaben decken. Eine Finanzierung aus Krediten ist nicht zulässig.
- Aus dem Vermögenshaushalt werden Investitionen in neue Straßenleuchten finanziert.

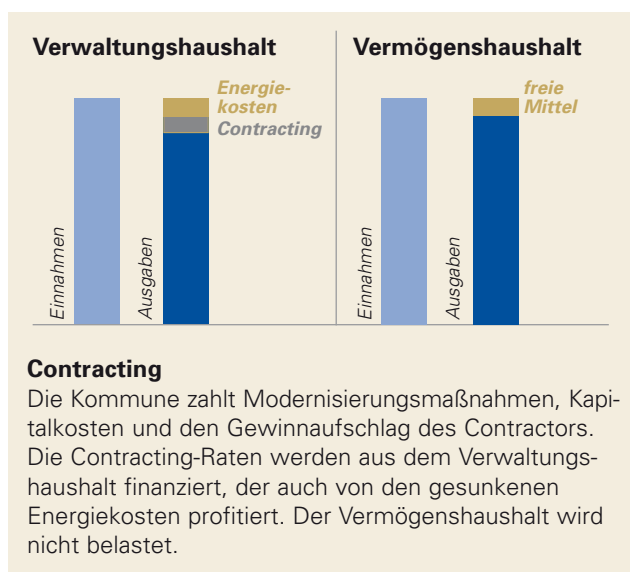
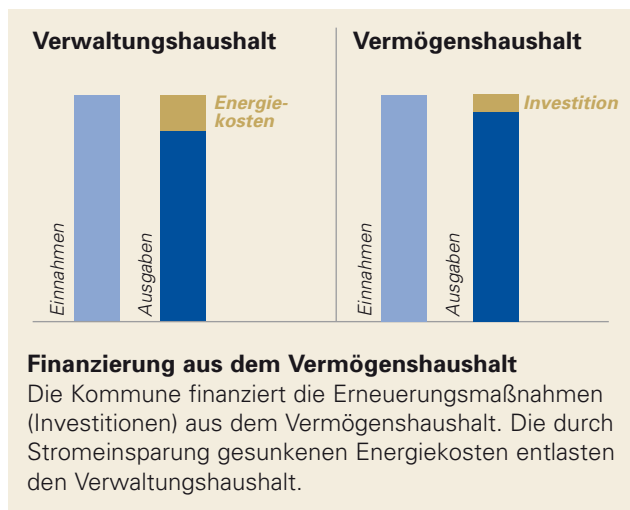
Die jährlichen Energieeinsparungen entlasten den Verwaltungshaushalt. Die eingesparten Energiekosten können zur Finanzierung von Modernisierungsmaßnahmen im Vermögenshaushalt eingesetzt werden. Das Vorziehen einer Ersatzinvestition in neue Leuchten aus dem Vermögenshaushalt kann sich im Einzelfall bei alten Leuchten und entsprechend hoher Energieeinsparung rechnen.

Die anfängliche Investitionssumme stellt jedoch für viele Kommunen eine Hürde dar. Verfügt eine Kommune über ausreichende Mittel, ist angesichts der erzielbaren Einsparungen die Finanzierung aus dem Vermögenshaushalt zu empfehlen. Wenn Gelder fehlen, sollte eine vorübergehende Kreditaufnahme für die Modernisierungsmaßnahmen geprüft werden.



3.2 Contractinglösungen

Alternative Finanzierungsansätze bieten sich in verschiedenen Formen des Contractings. Ein privatwirtschaftlicher Contractor übernimmt je nach Vertragsumfang Aufgaben von der Kommune. Diese können von der Planung über Finanzierung und Bauausführung bis hin zum Betrieb der Straßenbeleuchtung einschließlich der Versorgung mit Strom reichen. Anbieter für ein Contracting kann zum Beispiel der lokale Energieversorger oder ein anderes Unternehmen sein. Contracting-Dienstleistungen werden aus dem Verwaltungshaushalt finanziert. Die Kommune kann damit den Vermögenshaushalt entlasten und Mittel für andere Investitionen frei setzen.



Der Contractor übernimmt einen Teil der Verantwortung und damit des Risikos für die Modernisierung der Straßenbeleuchtung.

Contracting ist nicht zwangsläufig die günstigste Finanzierungsvariante, kann aber helfen, Maßnahmen schneller zu realisieren.

Wirtschaftlich kann Contracting vor allem dann Vorteile bringen, wenn

- die Kommune die Modernisierungsmaßnahmen nicht selbst finanzieren kann oder
- der Contractor einen Mehrwert bietet, der die Zusatzkosten für seinen Gewinn übersteigt. Das kann der Fall sein, wenn er
 - Beleuchtungstechnik zu deutlich niedrigeren Preisen bezieht,
 - seine Leistungen besonders effizient abwickeln kann oder
 - aufgrund seines Know-hows intelligentere und effizientere technische Lösungen bieten kann als die Kommune selbst.

Zentraler Faktor für die Wirtschaftlichkeit eines Contractings ist der Zinssatz für das einzusetzende Kapital. Je höher er ist, desto kürzer sind die Zeiträume, in denen sich Modernisierungsmaßnahmen refinanzieren müssen. Kommunen haben jedoch meist besseren Zugang zu zinsgünstigen Krediten als Privatunternehmen.

Contracting kann eine interessante Lösung sein, ist es aber nicht in jedem Fall. Wenig geeignet ist es vor allem dann, wenn nur eine geringe Einsparung von Energiekosten möglich ist.

CONTRACTING-MODELLE

Die drei wichtigsten Contracting-Modelle im Bereich der Straßenbeleuchtung:

- **Beleuchtungscontracting**
 - Bereitstellung der Beleuchtungstechnik durch den Contractor
 - Versorgung mit Strom meist durch ein Energieversorgungsunternehmen
- **Lichtliefercontracting**
 - Bereitstellung der Beleuchtungstechnik durch den Contractor
 - Stromversorgung durch den Contractor

- **Einsparcontracting**
 - Realisierung von Energie-Einsparungsmaßnahmen durch den Contractor
 - Erfolgsgarantie durch den Contractor
 - Zahlung regelmäßiger Contracting-Raten über einen vereinbarten Zeitraum durch die Kommune

VERTRAGSGESTALTUNG BEIM EINSPAR-CONTRACTING

Der Einspar-Garantievertrag regelt sämtliche Leistungen des Contractors – von der Analyse über die Planung und Umsetzung der Einsparmaßnahmen bis hin zur dauerhaften Sicherstellung des Einspareffekts. Der Vertrag ist Bestandteil der Ausschreibungsunterlagen und enthält bereits maßgebliche Details der angestrebten Zusammenarbeit. Dazu gehören mindestens:

- **Referenzverbrauch (Baseline)**
Der Contractor wird am Einsparerfolg gemessen und auf dieser Basis vergütet. Dazu ist ein Referenzwert

festzulegen, gegenüber dem Energie und Betriebskosten eingespart werden sollen.

- **Geforderte Energieeinsparung**
Auf Basis einer von der Kommune durchgeführten Grobanalyse wird eine Mindesteinsparung als Zielvorgabe für den Contractor vereinbart.
- **Zukünftige Beleuchtungsstandards**
Kriterien für ein Mindestbeleuchtungsniveau sollten festgelegt werden.
- **Weitere vertragliche Absicherungen**
 - Für welchen Zeitraum garantiert der Contractor die Einsparungen (Vertragsdauer)?
 - Wer ist nach der Leistungsphase Eigentümer der vom Contractor finanzierten Güter, z. B. der neuen Lampen?
 - Was geschieht, wenn der Contractor zugesicherte Leistungen nicht erbringt?
 - Wie werden zukünftige neue Beleuchtungspunkte in den Vertrag integriert?

3.3 Eigenfinanzierung und Contracting im Vergleich

Eigenfinanzierung und Contracting – Vor- und Nachteile

	Vorteile	Nachteile
Eigenfinanzierung aus dem kommunalen Haushalt	<ul style="list-style-type: none"> • Verantwortung für die Beleuchtung bleibt in kommunaler Hand • Kommune kann ihren Zugang zu zinsgünstigen Krediten nutzen • Know-how bleibt der Kommune erhalten 	<ul style="list-style-type: none"> • Belastung des Vermögenshaushalts • externe Expertise muss gegebenenfalls zusätzlich eingebunden und finanziert werden • mögliche Beitragspflicht der Anlieger aufgrund der Straßenausbaubeitragssatzung nach dem Kommunalabgabengesetz
Contracting	<ul style="list-style-type: none"> • Contractor ist mit Thema vertraut und übernimmt Teil des Finanzierungsrisikos • Entlastung des Vermögenshaushalts • Modernisierung auch möglich, wenn eine Kommune sie nicht selbst finanzieren kann • Kommunalverwaltung wird von Aufgaben entlastet • Modernisierungsmaßnahmen müssen nicht auf die Anlieger bestimmter Straßenzüge umgelegt werden 	<ul style="list-style-type: none"> • Verpflichtungen des Contractors müssen vertraglich sehr klar fixiert werden • Contractor ist eher an Standardlösungen interessiert • zur Ermittlung der erzielten Einsparungen können aufwändige Messungen des Ausgangsverbrauchs sowie Kontrollmessungen erforderlich sein • Möglichkeiten können durch vertragliche Bindungen an Energieversorger begrenzt sein

4. Umsetzung am Beispiel Friedberg

4.1 Akteure und ihre Zusammenarbeit

Die Integrierte Produktpolitik (IPP) zielt darauf, die Umweltwirkungen eines Produkts auf dessen gesamtem Lebensweg kontinuierlich zu verbessern. Dabei werden auch wirtschaftliche Faktoren einbezogen. Eines der wichtigsten IPP-Instrumente, das Produktgremium, führt die Akteure rund um ein Produkt zusammen, bündelt deren Wissen, Sichtweisen und Erfahrungen, und ermöglicht so noch bessere und wirksamere Lösungen.

Auch in diesem Projekt wurde ein Produktgremium gebildet. Die daran beteiligten Partner haben am Beispiel der Stadt Friedberg gemeinsam

- eine Bestandsaufnahme des bestehenden Beleuchtungssystems vorgenommen,
- dessen Schwachstellen untersucht,
- die technischen Möglichkeiten zur Modernisierung der Straßenbeleuchtung analysiert,
- eine Vorgehensweise zur Modernisierung der Straßenbeleuchtung entwickelt und erprobt,
- neue Ideen für diesen Bereich entwickelt,
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen aus unterschiedlichen Blickwinkeln angestellt,
- Finanzierungsmöglichkeiten untersucht,
- Hemmnisse und Wege zu deren Überwindung identifiziert, vor allem aber
- voneinander gelernt und ein besseres Verständnis für die Sichtweise der Partner gewonnen und
- ihre Erfahrungen in diesem Leitfaden zusammengeführt.

Ein Anliegen aller Beteiligten war es, die Qualität der Beleuchtung zu verbessern und sie gleichzeitig energieeffizienter zu gestalten. Dazu sollten Lösungen analysiert werden, die über einfache Maßnahmen wie das Abschalten oder Dimmen von Leuchten hinausgehen. Die fachlichen Diskussionen und Arbeiten erfolgten in sechs Workshops mit allen Beteiligten und einem Dutzend Workshops in kleineren Gruppen zur intensiven Bearbeitung technischer oder wirtschaftlicher Fragen.

Die Arbeiten umfassten folgende Schritte:

1. Analyse der aktuellen Beleuchtungssituation in Friedberg
2. Ermittlung des Modernisierungsbedarfs
3. Ermittlung möglicher technischer Alternativen
4. technische, wirtschaftliche und ökologische Bewertung der Alternativen
5. Ausarbeitung eines Modernisierungsprogramms
6. Ermittlung von Finanzierungsmöglichkeiten
7. Entscheidung und Umsetzung

Die meisten Beteiligten verfügten über langjährige Erfahrungen im Bereich Straßenbeleuchtung. Die Unternehmen im Produktgremium hatten schon vor Projektbeginn gute gemeinsame Geschäftsbeziehungen. Dennoch führte die intensive Arbeit am konkreten Beispiel alle Beteiligten zu überraschenden neuen Einsichten. Jeder Projektpartner wird künftig von neuem Wissen und seiner Kooperationserfahrung profitieren. Die Industriepartner haben bereits während des Projekts begonnen, gemeinsam an neuen Produktentwicklungen zu arbeiten, die künftig noch bessere Möglichkeiten für die Erneuerung der Straßenbeleuchtung bieten werden.



Die Projektpartner und ihre Beiträge

4.2 Optimierungsmaßnahmen in Friedberg

Aktuelle Beleuchtungssituation und Modernisierungsbedarf

Im Stadtgebiet Friedberg wohnen fast 30.000 Einwohner. Seit vielen Jahren ist die LEW für Friedberg als Dienstleister im Bereich Straßenbeleuchtung tätig und konnte so detaillierte Daten für die Ist-Aufnahme zur Verfügung stellen. Die Straßenbeleuchtung umfasst 3.844 Lichtpunkte. In Friedberg kommen 24 Lampen- und 75 Leuchtentypen zum Einsatz. Diese historisch gewachsene Vielfalt ist in deutschen Städten durchaus üblich. Nicht energieeffiziente Lampen, die zudem in wenigen Jahren nicht mehr erhältlich sind, sollten ausgetauscht werden. Veralterte Leuchten sollten ersetzt werden, weil sie für moderne Lampen ungeeignet sind.

Ermittlung und Bewertung technischer Alternativen

Zu jeder Kombination von Lampe, Vorschaltgerät und Leuchte identifizierten die Projektpartner energieeffizientere technische Lösungen. Dabei war die Frage: Genügt ein einfacher Lampenwechsel oder müssen zusätzlich Vorschaltgeräte und/oder Leuchtenköpfe ausgetauscht werden?

Die Bewertung erfolgte nach folgenden Kriterien:

- Auswirkung auf die Beleuchtungsqualität
- Einsparung an Strom und CO₂-Emissionen
- Investitions- und Betriebskosten

Eine vollständige Finanzierung von Leuchten über Stromersparungen ist nur selten möglich. Bei der Abwägung eines Leuchtentauschs war der Restwert der bestehenden Leuchte zu berücksichtigen. Auch die erzielbare Klimaentlastung und die Steigerung der Energieeffizienz waren wichtige Gesichtspunkte. Nach ausführlichen Modellrechnungen wurde beschlossen, Leuchten ab einem Alter von 33 Jahren auszutauschen. Dies ist das durchschnittliche Lebensalter einer Leuchte; danach nehmen Fehleranfälligkeit und Wartungsaufwand meist deutlich zu.

Ermittlung von Finanzierungsmöglichkeiten

Zur Finanzierung wurden verschiedene Möglichkeiten durchgerechnet: Bezahlung aus dem kommunalen Haushalt, Contractinglösungen und Mischformen. Eine Kombination der Finanzierungsansätze erwies sich für Friedberg als interessanteste Lösung: Der Lampenaustausch soll über eine Contractinglösung finanziert werden. Die Leuchtenerneuerungen werden mit Mitteln des Vermögenshaushalts gedeckt.

Ausarbeitung des Modernisierungsplans

Die erste Stufe des Modernisierungsplans sieht für Friedberg folgende Maßnahmen vor:

- Erneuerung von mindestens 210 Leuchten mit einem Alter von mehr als 33 Jahren einschließlich der Lampen und
- Austausch weiterer 2.150 Lampen mit geringer Energieeffizienz, darunter etwa 1.900 Quecksilberdampflampen

In der zweiten Stufe sollen in den folgenden Jahren weitere 375 Leuchten mit einem Alter von mehr als 33 Jahre erneuert werden.



Umrüstung einer Leuchte in Friedberg
Foto: Bernhard M. Schmid

Entscheiden und Umsetzen

Der Friedberger Stadtrat hat insgesamt 200.000 Euro für die in der ersten Stufe vorgesehenen Modernisierungsmaßnahmen bewilligt. Die Refinanzierung durch die Stadt Friedberg erfolgt aus den eingesparten Stromkosten. Mit den Modernisierungsarbeiten wurde schon während der Projektbearbeitung begonnen.

Durch die Ist-Analyse sowie die Ermittlung und Bewertung von Alternativen verfügt Friedberg zudem über eine solide Grundlage, um den Modernisierungsplan zukünftig fortzuschreiben.

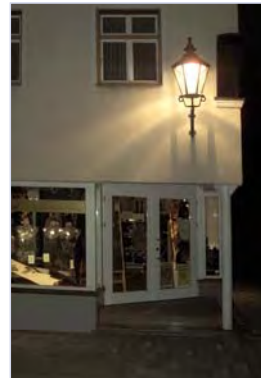


Altstadtleuchte vor der Umrüstung,

bestückt mit einer 80 W Quecksilberdampf-
lampe für neutralweiße Lichtfarbe.

Durch das freie Abstrahlen der Lampe
gelangte nur ein Bruchteil des Lichtstroms
auf Gehweg und Straße. Ein Großteil des
Lichts strahlte auf die Fassaden und in den
Himmel ab. Die schummrige Beleuchtung
vermittelte den Passanten zu wenig
Sicherheit und führte zu einem insgesamt
unangenehmen Milieu.

Foto: Bernhard M. Schmid



Altstadtleuchte nach der Umrüstung,

bestückt mit einer 35 W Halogen-Metall-
dampf-
lampe mit Keramiktechnologie,
einem neuen Vorschaltgerät sowie einem
Reflektor zur gezielten Lichtverteilung
für warmweiße Lichtfarbe

Der Kandelaber wird ohne bauliche
Veränderungen weiter verwendet. Die
gesamte Lichttechnik ist so aufeinander
abgestimmt, dass ein einfacher Wechsel
möglich ist.

Foto: Bernhard M. Schmid

Auswirkungen der Maßnahmen

Die Umsetzung der Maßnahmen führt für Friedberg
zu jährlichen Einsparungen in Höhe von:

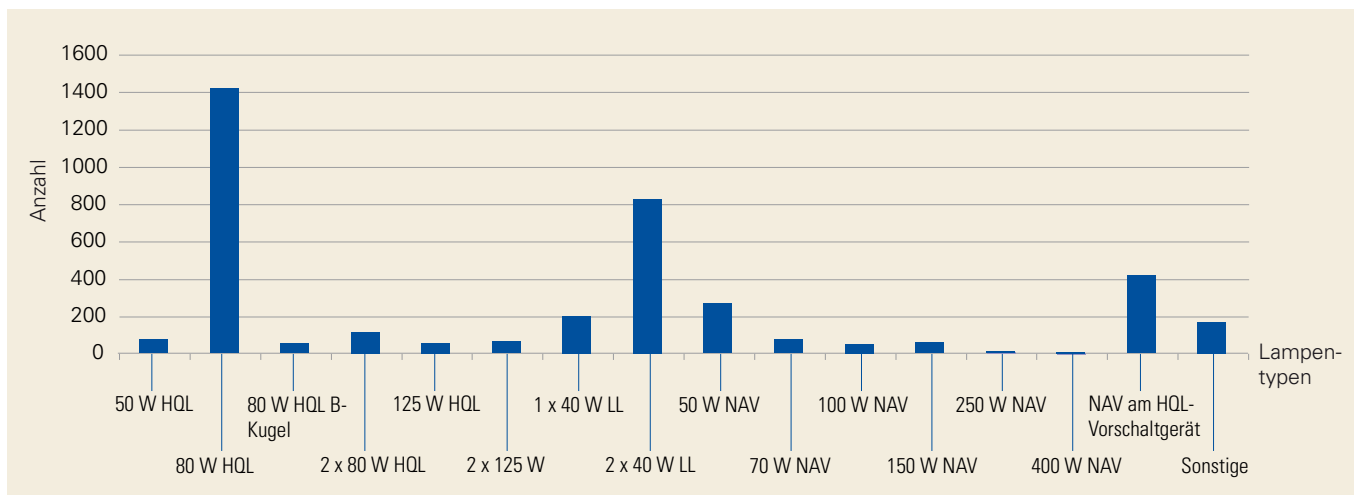
- 560.000 kWh Strom und
- 320.000 kg CO₂

Neue Technologien

Über diese Maßnahmen hinaus beabsichtigt die Stadt
Friedberg, Erfahrungen mit Zukunftstechnologien zu
sammeln, deren flächendeckende Einführung heute
noch nicht finanzierbar ist:

- Installation von LED-Leuchten vor einem öffentlichen
Gebäude und
- Einsatz eines modernen Lichtmanagementsystems
in einem geeigneten Straßenabschnitt

Stadtverwaltung, Kommunalpolitiker und Bürger können
durch den praktischen Einsatz dieser Technologien
Erfahrungen sammeln.



Bestückung der Leuchten in Friedberg vor Beginn der Modernisierung

5. Vorgehensweise für Kommunen

1. Ist-Zustand aufnehmen

- Nehmen Sie für jeden Lichtpunkt folgende Daten auf: Standort, Typ und Wattage der Lampe, Typ und Alter der Leuchte, Typ des Vorschaltgeräts, Zustand des Masten.
- Vermerken Sie besondere Anforderungen an die Lichtpunkte, z. B. dekorative oder technische Leuchte, weißes oder gelbes Licht, sicherheitskritische Stellen.
- Ordnen Sie die Lampen- und Leuchtentypen nach Häufigkeit, damit Sie sich in den nächsten Schritten auf die wichtigsten Gruppen konzentrieren können.
- Lassen Sie sich nicht vom Umfang der Aufgabe abschrecken. Die detaillierte Ist-Aufnahme ist Grundlage aller Verbesserungsmaßnahmen.

Tipps:

- Entscheiden Sie frühzeitig, ob Sie Unterstützung von außen möchten.
- Möglicherweise verfügen Dienstleister, mit denen Sie bereits im Beleuchtungsbereich zusammenarbeiten, über eine Dokumentation der Lichtpunkte.

2. Modernisierungsbedarf ermitteln

- Ineffiziente Lampen, die in wenigen Jahren nicht mehr erhältlich sein werden, sollten erneuert werden.
- Leuchten, die älter als ca. 33 Jahre sind, haben ihr durchschnittliches Lebensalter erreicht und sollten erneuert werden. Sie haben eine schlechte Lichtführung, sind wartungsintensiv und für moderne Lampen nicht geeignet.
- Bei der Erneuerung von Leuchten sollten Sie Möglichkeiten zur Vereinheitlichung nutzen. Der Wartungsaufwand sinkt, wenn ein Straßenzug einheitlich bestückt ist.

Tipps:

- Konzentrieren Sie sich zunächst auf die häufigsten Lampen- und Leuchtentypen.
- Die größten Einsparpotenziale finden Sie bei Lampen mit hoher Wattage.



3. Alternativen identifizieren

- Listen Sie für jede zu ersetzende Lampen-Leuchten-Kombination die technischen Alternativen auf.
- Beschränken Sie sich nicht auf Bestand erhaltende Lösungen wie Abschalten oder Dimmen.
- Bedenken Sie, dass auch Lampe und Vorschaltgerät zusammenpassen müssen.
- Warten Sie nicht ab, bis neue Technologien wie LED wirtschaftlich werden. Investieren Sie in aktuelle Technik und beobachten Sie die Entwicklung neuer Technologien.

Tipps:

- Die Reflektortechnik der Leuchte muss zu Form und Position der neuen Lampe passen, sonst wird das Licht nicht richtig geführt.
- Erproben Sie noch zu kostspielige moderne Technologien wie LED oder Lichtmanagementsysteme im kleinen Rahmen und sammeln Sie dabei Erfahrungen für die Zukunft.

4. Alternativen bewerten

- Schätzen Sie zu jeder Alternative die Investitions- und Installationskosten einschließlich der Zinsen sowie die Betriebskosten und Energiekosteneinsparung ab. Ermitteln Sie daraus die Gesamtkosten.
- Berücksichtigen Sie die Restlebensdauer der vorhandenen Leuchten. Steuerlich sind Leuchten über 19 Jahre abzuschreiben. Realistisch ist die Annahme, dass eine Erneuerung nach 33 Jahren erforderlich ist.
- Berücksichtigen Sie auch den Einfluss auf die Beleuchtungsqualität. Die Sicherungsfunktion der Straßenbeleuchtung darf nicht vernachlässigt werden.
- Bedenken Sie bei der Bewertung auch Ihre Aufgaben in der Daseinsvorsorge, z. B. Ihre Vorbildfunktion bei Klimaschutz und Energieeffizienz.
- Ermitteln Sie die Einsparungen an Kohlendioxid, die mit der Umsetzung der Alternativen verbunden wären (pro kWh eingespartem Strom etwa 0,5 kg Kohlendioxid; genaue Werte erfahren Sie bei Ihrem Energieversorger).

Tipps:

- Bedenken Sie, dass die Strompreise langfristig vermutlich weiter steigen. Maßnahmen, die heute noch unwirtschaftlich sind, können schon in wenigen Jahren zu Einsparungen führen.
- Nutzen Sie Einsparungen an Kohlendioxid für Ihre Öffentlichkeitsarbeit.



5. Modernisierungsplan ausarbeiten

- Definieren Sie Grundregeln für die angestrebte Modernisierung, z. B. auszutauschende Lampen nach Typen, auszutauschende Leuchten nach Alter.
- Legen Sie für jeden Lichtpunkt fest, ob und wie er modernisiert werden soll. Präzisieren Sie auf dieser Grundlage die Kostenschätzung.
- Setzen Sie sich ein festes Zeitraster mit mehreren Maßnahmenphasen.
- Entscheiden Sie für jeden zu modernisierenden Lichtpunkt, in welcher Maßnahmenphase die Umsetzung erfolgen soll.
- Präzisieren Sie die Kostenschätzung für die erste Phase des Modernisierungsplans.

Tipps:

- Definieren Sie Zeitabstände, in denen Sie den Maßnahmenplan aktualisieren.
- Legen sie fest, wann Sie Lichtpunkte, die zunächst nicht modernisiert werden, erneut prüfen.

6. Finanzierungsmöglichkeiten prüfen

- Prüfen Sie Möglichkeiten und Kosten einer Finanzierung aus dem kommunalen Haushalt.
- Überdenken Sie Lösungen wie Contracting oder die Einbindung von Dienstleistern.
- Holen Sie für die interessantesten Finanzierungs- und Umsetzungsalternativen Kostenschätzungen ein.

Tipps:

- Berücksichtigen Sie bei der Bewertung auch Vor- und Nachteile, die sich nicht in der Kostenkalkulation widerspiegeln, z. B. die bessere Ausleuchtung der Straße durch moderne Beleuchtungstechnik.
- Um eine Abhängigkeit vom Contractor zu vermeiden, ist die frühzeitige Einbindung eines Lichtplaners für die technische Analyse hilfreich.



Historisches Rathaus in Friedberg

Foto: Stadt Friedberg

7. Entscheiden und Umsetzen

- Entscheiden Sie über die grundsätzliche Vorgehensweise bei der Finanzierung.
- Schreiben Sie die von Lieferanten, Lichtplanern, Contractoren oder anderen Dienstleistern zu erbringenden Leistungen aus.

Tipps:

- Contractinglösungen sind sehr individuell und für Ausschreibungen nur schwer standardisierbar. Hier könnte es zweckmäßig sein, eine Ausschreibung auf dem Verhandlungsweg durchzuführen. Dies bietet die Möglichkeit, Einzelheiten der Ausschreibung mit den Anbietern auszuhandeln.
- Je geringer das in der Kommune verfügbare lichttechnische Fachwissen ist, desto früher empfiehlt sich die Einbindung externer Experten.

6. Fazit

Die Modernisierung der kommunalen Straßenbeleuchtung kann erhebliche Beiträge zur Energieeinsparung und Vermeidung von Kohlendioxid-Emissionen leisten. Zudem lässt sich dabei die Qualität der Beleuchtung wesentlich verbessern. Ein beträchtlicher Teil der Maßnahmen wird sich aus eingesparten Energiekosten finanzieren. Kommunen sollten ihren Aufgaben in der Daseinsvorsorge entsprechend aber auch Mittel investieren, um den Bürgern eine moderne, energieeffiziente und Klima schonende Straßenbeleuchtung zu bieten.

Bedingt durch die Vorgaben der europäischen EuP-Richtlinie und künftig wirksam werdende Verbote werden ineffiziente Lampen in wenigen Jahren nicht mehr am Markt erhältlich sein. Die Kommunen in Bayern und ganz Europa werden sich mit der Modernisierung ihrer Straßenbeleuchtung noch intensiver auseinandersetzen müssen als bisher. Die im vorliegenden Leitfaden zusammengestellten Hinweise sollen Kommunen dabei helfen, diese Aufgabe effizient und mit maximalem Nutzen für die Umwelt und Bürger zu erfüllen.

Die Integrierte Produktpolitik zielt auf eine Reduzierung der Umweltwirkungen von Produkten über deren gesamten Lebensweg. Am besten gelingt dies, wenn das Wissen und die Sichtweisen möglichst vieler mit dem Produkt befasster Akteure einbezogen werden. Das IPP-Produktgremium ist hierfür ein vorzügliches Werkzeug, das sich auch in diesem Projekt wieder sehr gut bewährt hat. Die Projektbeteiligten haben gemeinsam mit der Stadt Friedberg ein Modernisierungskonzept für die Straßenbeleuchtung erarbeitet. Die jährlichen

Kohlendioxid-Emissionen der Stadt Friedberg werden künftig um 320.000 kg, der Stromverbrauch um 560.000 kWh geringer sein. Die Grundlagen für weitere Maßnahmen in der Zukunft sind mit dem Modernisierungsprogramm bereits geschaffen.

Mit Hilfe der IPP haben die Projektbeteiligten das komplexe Thema Modernisierung der Straßenbeleuchtung intensiv untersucht. Die dabei gesammelten Erfahrungen zeigen, wie auch andere Kommunen diese schwierige Aufgabe bewältigen können.



*Moderne Straßenbeleuchtung: langlebig, effizient, umweltschonend und formschön, passend zum städtischen Umfeld
Foto: SITECO*



Die IPP-Leitfäden „Energieeffiziente Modernisierung der Straßenbeleuchtung“ und „Energieeffiziente Beleuchtung für attraktive öffentliche Plätze“ als Empfehlungen insbesondere für Kommunen sowie weiterführende Informationen sind unter www.ipp-bayern.de verfügbar.

Das Bayerische Landesamt für Umwelt hat zum Thema „Beleuchtung“ zudem den Leitfaden „Effiziente Lichtsysteme – Energie sparen – Klima schützen – Kosten senken!“ erarbeitet. Alle Broschüren können unter www.bestellen.bayern.de bezogen werden.

Detaillierte Hinweise auf energieeffiziente Beleuchtungstechniken sowie zum Vorgehen bei Neuinstallationen und Modernisierungen sind unter www.bundeswettbewerb-stadtbeleuchtung.de zu finden.

Impressum

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

Gestaltung: kreativmandat, delazzer-böhmer, München
Druck: Schöttner Offsetdruck GmbH, Oberhaching
Stand: Februar 2009

© 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 Wahlwerbenden 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 Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt.

Diese Broschüre 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 Friedberg
Carlo Haupt
Marienplatz 5
86316 Friedberg
Tel: +49 821 6002-300
Fax: +49 821 6002-390
www.friedberg.de



OSRAM GmbH
Dominik Ortmann
Hellabrunner Straße 1
81543 München
Tel: +49 89 6213-3662
Fax: +49 89 6213-4052
www.osram.de



SITECO Beleuchtungs-
technik GmbH
Karl Schneider
Georg-Simon-Ohm-Straße 50
83301 Traunreut
Tel: +49 8669 33-578
Fax: +49 8669 86532-578
www.siteco.de



LEW Netzservice GmbH
Andreas Marschall
Lechwehrstraße 13
86368 Gersthofen
Tel: +49 821 328-1328
Fax: +49 821 328-3331328
www.lew.de

Projektleitung



bifa Umweltinstitut GmbH
Dr. Siegfried Kreibe
Am Mittleren Moos 46
86167 Augsburg
Tel: +49 821 7000-178
Fax: +49 821 7000-100
www.bifa.de