

6. Straßenbeleuchtung

6.1. Grundlagen der Straßenbeleuchtungstechnik

6.1.1. Gegenwärtige Situation

In den letzten Jahrzehnten ist im Hinblick auf die Straßenbeleuchtung ein massiver Investitionsstau entstanden. Das hat dazu geführt, dass etwa ein Drittel der Straßenbeleuchtung in Deutschland über 20 Jahre alt ist und hohe Energie- und Wartungskosten verursacht. Häufig werden noch veraltete Quecksilberdampflampen verwendet, deren Handel ab 2015 auf Grundlage einer europäischen Richtlinie verboten sein wird. Drei bis vier Milliarden Kilowattstunden Strom werden für die Straßenbeleuchtung in Deutschland pro Jahr verbraucht, was ca. 8% des Gesamtverbrauchs an elektrischer Energie für Beleuchtung ausmacht. Dadurch entsteht ein klimaschädlicher CO₂-Ausstoß von über zwei Millionen Tonnen pro Jahr. Unerwünschte Lichtemissionen alter Leuchten tragen außer zum hohen Stromverbrauch auch zur Lichtverschmutzung der Umwelt und Störung nachtaktiver Tiere bei. Bereits mit der heute verfügbaren Technik könnte der Energieverbrauch der Straßenbeleuchtung in Deutschland um 50 % gesenkt werden. Zwar ist eine moderne, energiesparende Straßenbeleuchtung in der Anschaffung möglicherweise teuer. Auf längere Sicht werden aber damit die Betriebskosten erheblich gesenkt und die Lichtqualität deutlich verbessert. Bisher werden jedes Jahr aber nur ca. 3 % der Straßenbeleuchtung in Deutschland erneuert.

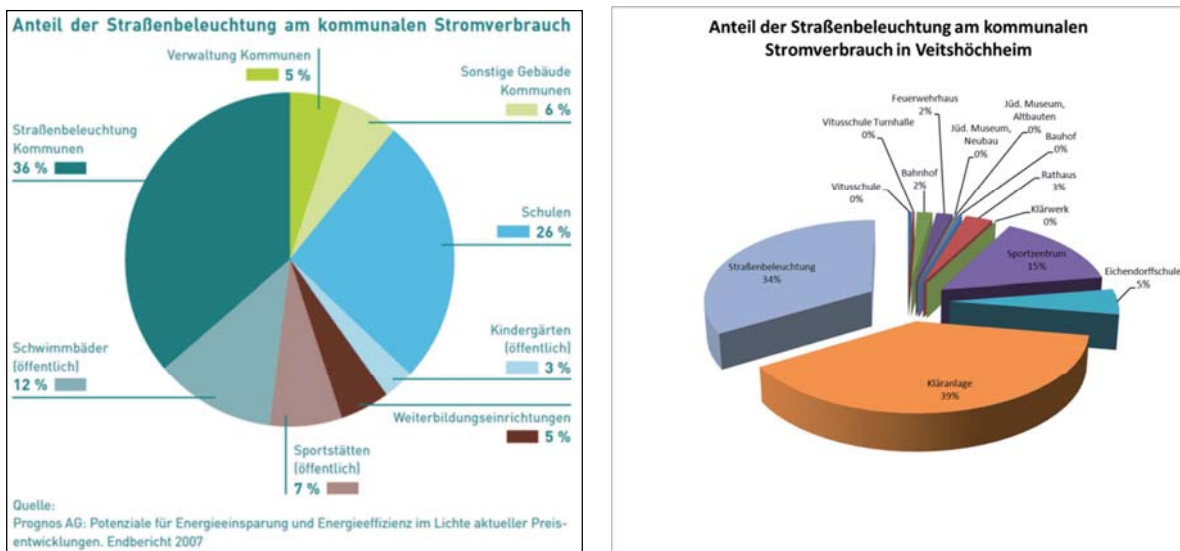


Abbildung 6.1.1: Anteil der Straßenbeleuchtung am kommunalen Stromverbrauch (Quelle: Sächsische Energieagentur: Energieeffiziente Straßenbeleuchtung / AB Haase)



Wegen der finanziellen Situation vieler Kommunen werden oft nur notwendige Reparaturen erledigt und größere Erneuerungen und die damit zusammenhängenden Investitionen häufig gescheut.⁵ Aufgrund steigender Energiepreise belasten die Betriebskosten von ineffizienten Beleuchtungsanlagen die Haushalte der Kommunen besonders stark. Auch die Wartungsanfälligkeit veralteter Anlagen erhöht zunehmend die Betriebskosten. In den Gemeinden können so über 35% des kommunalen Stromverbrauchs durch die Straßenbeleuchtung verursacht werden (vgl. Abbildung 6.1.1).

6.1.2. Grundbegriffe der Lichttechnik

Eine **Lampe** ist ein Gerät zur Erzeugung von Licht. Dazu gehören Glühlampen, Leuchtstofflampen, Hochdrucklampen usw.

Eine **Leuchte** ist eine technische Vorrichtung zur Verteilung von Licht. Dieses verteilte Licht wird durch Lampen, die in die Leuchten eingebaut sind, erzeugt.

Lichtstrom ist die Lichtleistung einer Lampe. Gemessen in Lumen (lm), beschreibt er die von der Lichtquelle in alle Richtungen abgestrahlte Leistung im sichtbaren Bereich.

Beleuchtungsstärke gemessen in Lux (lx), ist der Lichtstrom, der von einer Lichtquelle auf eine bestimmte Fläche trifft. Sie beträgt 1 Lux, wenn der Lichtstrom von 1 Lumen 1 Quadratmeter Fläche gleichmäßig beleuchtet. Beispiel: Eine normale Kerzenflamme erzeugt

im Abstand von 1 m ungefähr 1 lx.

Lichtstärke ist der Teil des Lichtstroms, der in eine bestimmte Richtung strahlt. Die räumliche Verteilung der in Candela (cd) gemessenen Lichtstärke charakterisiert die Lichtausstrahlung von Leuchten.

Leuchtdichte ist der Helligkeitseindruck, den das Auge von einer leuchtenden oder beleuchteten Fläche hat. Gemessen in cd/m^2 oder cd/cm^2 , setzt sie die Lichtstärke in Beziehung zu der Größe der Fläche, die leuchtet oder von der Licht reflektiert wird.

⁵ Umweltbundesamt: Sammlung energieeffizienter Techniken für die Stadtbeleuchtung, 2009, S. 7



Lichtausbeute gibt das Verhältnis von Gesamtlichtstrom einer Lampe zu der dafür notwendigen Anschlussleistung. Die Lichtausbeute wird in Lumen pro Watt (lm/W) gemessen. Die Lichtausbeute ist ein Maß für die Effizienz eines Leuchtmittels.

Lebensdauer Die mittlere Lebensdauer ist das Zeitintervall, innerhalb dessen 50% der Lampen einer Lichtanlage ausgefallen sind, bzw. der Erwartungswert für den Ausfall einer einzelnen Lampe. 5% Lebensdauer hingegen bedeutet, dass innerhalb dieser Zeit 5% der Lampen einer Lichtanlage ausgefallen sind. Gegen Ende der Nutzlebensdauer beträgt der Lichtstrom einer Lichtanlage nur noch 80% seines Anfangswertes, verursacht durch Lampenausfälle und Lichtstromrückgang der noch brennenden Lampen.

6.1.3. Aufbau der Straßenbeleuchtung

Eine Leuchtstelle besteht aus der elektrischen Versorgung (Schaltkasten und Kabel), einem Trägersystem (Mast) und der Leuchte mit Lampe (Leuchtmittel).

Die **Leuchte** muss den Lichtstrom der eingesetzten Lampe lenken und optimal auf die zu beleuchtende Fläche bringen sowie eine unzulässige Blendung der Verkehrsteilnehmer und unerwünschte Lichtimmissionen von Anliegern vermeiden. Da in Fußgängerzonen und denkmalgeschützten Bereichen außerdem Form und Aussehen der Leuchte eine Rolle spielen, werden hier oft dekorative Leuchten eingesetzt. Früher oft verwendet wurden Kugelleuchten oder Pilzleuchten. Sie sind veraltet und beeinträchtigen die Umwelt durch hohe Lichtemissionen. Der Anteil des nutzbaren Lichts ist deshalb sehr gering. Langfeldleuchten und Kofferleuchten haben



Abbildung 6.1.2: Lichtemissionen unterschiedlicher Leuchtentypen (Quelle: Schweizerische Agentur für Energieeffizienz: Straßenbeleuchtung, 2008)

niedrigere Lichtemissionen. Sehr effizient sind moderne Mastaufsatzleuchten mit Spiegeloptik, da sie hohe Beleuchtungswirkungsgrade durch gute Lichtlenkung erreichen. Trotz Reflektoren geht dabei jedoch immer noch ein Teil als Streulicht verloren. Demgegenüber haben LED den Vorteil, gerichtet zu strahlen. Dadurch entstehen kaum Lichtemissionen.



6.1.4. Lampentypen

In der Beleuchtungstechnik gibt es viele Arten von **Lampen**. Jede Lampenart kann entsprechend des Anwendungsfalls Vor- oder Nachteile besitzen. Folgende Lampentypen werden heute in der Straßenbeleuchtung hauptsächlich eingesetzt:

Quecksilberdampfhochdrucklampen (HQL)

Diese Lampen haben eine weiße Lichtfarbe und sind in Deutschland weit verbreitet. Heute sind sie wegen ihrer schlechten Energieeffizienz und ihres insektenschädigenden

Lichtspektrums nicht mehr zeitgemäß. Trotzdem sind sie immer noch das am meisten genutzte Leuchtmittel für die Straßenbeleuchtung in Deutschland. Die EU-Ökodesign-Richtlinie (EU-RL 2005/32/EG) und deren nationale Umsetzung, das Energiebetriebene-Produkte-Gesetz (EBPG) geben vor, dass Quecksilberdampflampen ab 2015 nicht mehr in den Verkehr gebracht werden dürfen.

Leuchtstofflampen

Leuchtstofflampen sind oft noch in älteren Leuchten im Einsatz. Wegen ihrer hohen Lichtausbeute eignen sie sich vor allem zur Innenbeleuchtung und zum Beispiel in Fußgängerunterführungen oder Tunnel. Je nach Typ sind die Lampen sehr temperaturabhängig; bei niedrigen Außentemperaturen sinkt ihr Lichtstrom stark ab. Zudem kann er schlechter gelenkt werden als der von kleinformatigen, punktförmigen Entladungslampen. Der Beleuchtungswirkungsgrad von Leuchten mit Leuchtstofflampen ist deshalb schlechter als der von Halogenmetaldampf- oder Natriumdampfhochdrucklampen.

Kompaktleuchtstofflampen

Die Lichtausbeute von Kompaktleuchtstofflampen liegt in der Regel unterhalb der von Leuchtstofflampen. Deshalb werden sie nur bei besonderen Anforderungen wie z. B. geringen Lichtpunkthöhen oder einer gewünschten symmetrischen Lichtverteilung eingesetzt. Weil sie in weißen und warmen Lichtfarben sowie mit kleinen Leistungen und einer gute Farbwiedergabe verfügbar sind, eignen sie sich für den Einsatz in Fußgängerzonen. Für die Außenbeleuchtung müssen spezielle Lampentypen gewählt werden, denn auch hier sinkt der Lichtstrom bei niedrigen Außentemperaturen stark ab.

Halogenmetaldampflampen (HMI)

Die Lichtausbeute von Halogenmetaldampflampen hat sich stark verbessert. Kommen sie mit einem elektronischen Vorschaltgerät und einer genau angepassten Spiegeloptik zum Einsatz, bieten sie sehr



hohe Beleuchtungswirkungsgrad. Für die Stadtgestaltung mit weißem Licht, insbesondere im Innenstadtbereich, gewinnt die Halogenmetallampflampe deshalb zunehmend an Bedeutung. Allerdings lockt ihr Licht Insekten an. Da dieser Lampentyp teurer ist und eine kürzere Lebensdauer hat als Natriumdampfhochdrucklampen, sind die Betriebskosten meist höher.

Natriumniederdruckdampflampen (NA, SOX)

Mitte der sechziger Jahre wurde diese Lampe zur Beleuchtung von Bundes- und Hauptverkehrsstraßen eingeführt. Zwar weist sie eine hohe Energieeffizienz auf und lockt kaum Insekten an. Trotzdem wird sie immer seltener eingesetzt, weil ihr Licht aufgrund ihrer Ausmaße nicht richtig gebündelt werden kann. Zudem verhindert das monochromatische Licht die Farberkennung.

Natriumhochdruckdampflampen (NAV)

Seit Mitte der achtziger Jahre setzt man auf die Natriumdampfhochdrucklampe. Sie ist bei Sanierungen und Neuplanungen der am häufigsten eingesetzte Lampentyp. In Verbindung mit einer entsprechenden Leuchte mit Spiegeloptik ist sie derzeit die wirtschaftlichste Straßenlampe auf dem Markt. Außerdem ist die Anlockwirkung auf Insekten gering. Allerdings bringt ihr gelbliches Licht eine etwas schlechtere Sehleistung als das weißliche Licht der Halogenmetallampflampen.

LAMPENTYP	SYSTEM-LICHT-AUSBEUTE (LUMEN/WATT)	LEBENSDAUER IN STUNDEN	FARBWIEDERGABEINDEX	LICHTFARBE	ANWENDUNG
Quecksilberdampflampe	40–60	12.000–16.000	31–49	weiß	Veraltet! Künftig nicht mehr verfügbar!
Natriumdampf-Niederdrucklampe	140–170	16.000	< 20	orangefarben	Monochromatisches orange-gelbes Licht Insektenfreundlich!
Leuchtstofflampe (stabförmig)	50–90	8.000–16.000	80–90	weiß	Erfordert großvolumige Leuchten, nur für geringe Lichtpunkthöhen geeignet
Natriumdampf-Hochdrucklampe	80–120	12.000–16.000	20–40	gelblich	Stand der Technik! Insektenfreundlich!
Halogenmetall-dampflampe	80–110	8.000–12.000	80–90	weiß	Weniger insektenfreundlich als Natriumdampflampen!
Kompakt-leuchtstofflampe	50–75	8.000–15.000	80–90	weiß	Nur für geringe Lichtpunkthöhen geeignet

Abbildung 6.1.3: Eigenschaften verschiedener Lampentypen (Quelle: Umweltministerium Baden-Württemberg: Effizientere Straßenbeleuchtung, 2009)



LED-Lampen „die Straßenlampen der Zukunft“

Es ist davon auszugehen, dass sich LED (Light Emitting Diode) in den nächsten Jahren gegenüber anderen Lichtquellen vielerorts durchsetzen werden. So sind schon erste Straßenbeleuchtungen mit LED z.B. in Darmstadt, Ludwigshafen, Düsseldorf oder Thüngersheim als Leuchtmittel realisiert (vgl. Abbildung 6.1.4).

Zurzeit gibt es aber noch Nachteile, die den Einsatz der LED in der Straßenbeleuchtung nur beschränkt möglich machen. Dies sind zum einen die hohen Anschaffungskosten, die momentan noch ungefähr zwei- bis dreimal so hoch wie bei Natriumhochdrucklampen sind. Allerdings kann man davon ausgehen, dass die Beschaffungspreise für LED-Produkte in Zukunft weiterhin sinken werden. Auch die Lichtausbeute ist momentan noch etwas niedriger als bei Natriumhochdrucklampen, steigt aber seit Jahren stark an (vgl. Abbildung 6.1.5 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Manche LED-Lampen erreichen bereits eine Lichtausbeute bis zu 140 lumen/Watt. Je nach Hersteller schwankt die Qualität der LEDs jedoch sehr stark. Weiterhin gestaltet sich eine ausreichende Wärmeabfuhr schwierig. Zu hohe Temperaturen verkürzen die Lebensdauer der Leuchtdiode stark. Die Wärmeabfuhr kann über das Leuchtgehäuse oder über Kühlkörper geschehen. Nicht alle erhältlichen LED-Leuchten werden jedoch ausreichend gekühlt. Ein weiteres Problem ist, dass sich die LED-Technik noch in der Entwicklung befindet. Durch kurze Entwicklungszyklen und fehlende Langzeiterfahrungen sind die Ersatzteilbeschaffung und Kosten des LED-Tausches oft unklar. Auch gibt es noch keinen LED-Standard zur Normung der Bauteile.

Gegenüber derzeitiger Lichttechnik bieten LEDs jedoch auch einige große Vorteile. Sie besitzen eine sehr lange Lebensdauer (12 - 15 Jahre), was die Wartungskosten gering hält. Außerdem sind durch die kompakte Bauform variable Leuchtenformen möglich. LED lassen sich beliebig oft ein- und ausschalten sowie stufenlos von 0% bis 100% dimmen. Weiterhin haben sie den Vorteil, gerichtet zu strahlen, so dass kaum Lichtemissionen entstehen und die Straße sehr homogen beleuchtet werden kann. Ein weiterer Vorteil der LED ist, dass sie UV-freies Licht erzeugen, das wenige Insekten anlockt. Auch fallen sie in der Regel nicht plötzlich aus, sondern werden nach und nach schwächer.

Ein Einsatz von LED in der Straßenbeleuchtung bietet sich vor allem für niedrige Beleuchtungsstärken an, wie sie z.B. in Anlieger- und kleinen Sammelstraßen gebraucht werden. Gemeinden bestehen zu einem Großteil aus Anliegerstraßen, die zumeist mit veralteten Quecksilberdampflampen ausgestattet sind. Gerade hier besteht in naher Zukunft ein hoher Auswechselbedarf an Leuchten. In Form von Modellversuchen für einzelne Straßen ist der Einsatz von LED auch heute schon empfehlenswert, bei positiven Erfahrungen kann man dann die eingesetzte Technik auf andere Straßen übertragen.



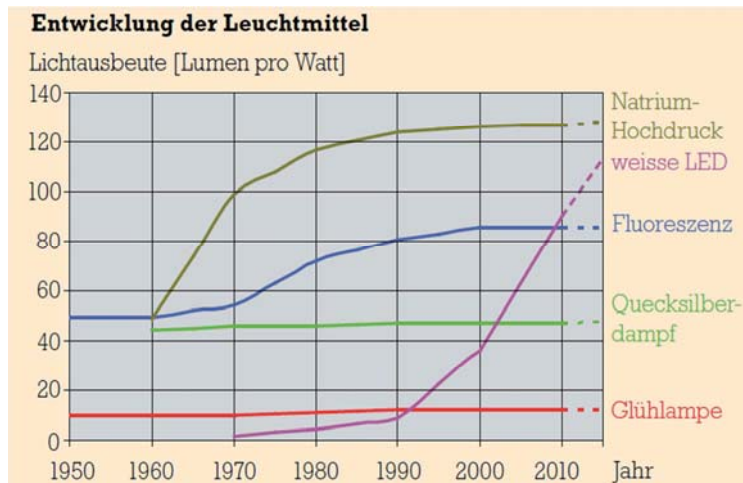


Abbildung 6.1.5: Entwicklung der Lichtausbeute von Lampen Quelle: Schweizerische Agentur für Energieeffiziente Straßenbeleuchtung, 2009)



Abbildung 6.1.4: LED-Straßenbeleuchtung in Darmstadt (Quelle: Siteco)

6.1.5. Techniken zur Steuerung

Es gibt unterschiedliche Arten der Steuerung, um die Straßenbeleuchtung ein- und auszuschalten oder in den verkehrsarmen Zeiten Strom zu sparen.

Man kann den Einschaltzeitpunkt der Beleuchtung über eine **Schaltuhr** bestimmen. Dies ist allerdings sehr ungenau, da die tägliche Zu- oder Abnahme der Dämmerung nicht berücksichtigt wird. Sinnvoller ist der Einsatz von **Dämmerungsschaltern** in Verbindung mit einer Zeitschaltuhr, damit die Straßenbeleuchtung nicht auch bei ungünstigen Witterungsverhältnissen eingeschaltet wird.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, ein **Rundsteuersignal** zu verwenden. Dabei wird über einen zentralen Dämmerungsschalter für eine Region ein Rundsteuersignal abgesetzt. Hiermit sind die Ein- und Ausschaltzeiten nicht immer den örtlichen Gegebenheiten (Witterung) angepasst.

In vielen Gemeinden wird in der verkehrsarmen Zeit **jede zweite Leuchte abgeschaltet**, um Kosten zu sparen. Dies ist jedoch nicht empfehlenswert, da durch starke Hell-Dunkel-Kontraste die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung beträchtlich abnimmt und das Unfallrisiko steigt. Außerdem werden die Leuchtmittel in einem Straßenzug nicht gleichmäßig abgebrannt.

Besser ist dafür die Halbnachtschaltung durch **Abschalten einer von zwei Lampen** in einer Leuchte. In jede Leuchte werden statt einem, zwei Leuchtmittel eingebaut. Das gesamte Beleuchtungsniveau wird um 50% reduziert, dabei bleibt aber Anzahl der Lichtpunkte und damit die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung erhalten. Damit die beiden Leuchtmittel gleichmäßig abgebrannt werden, sollten sie jede Nacht abwechselnd betrieben werden.



Außerdem kann man die Beleuchtungsstärke durch **Leistungsreduzierung** oder **Spannungsabsenkung** verringern. Hierfür sind aber nicht alle Lampentypen geeignet. Grundsätzlich sind immer die Angaben der einzelnen Hersteller zu beachten.

In einzelnen Anwendungsfällen ist das **Einschalten** der Beleuchtung **auf Anforderung** sinnvoll. Dies kann z.B. bei nachts wenig genutzten Fußwegen über Handy oder Bewegungsmelder geschehen. Diese Methode wurde z.B. in der Gemeinde Dörentrup-Schwelentrup schon umgesetzt und wird dort gut akzeptiert und angenommen

6.1.6. Qualitätskriterien der Straßenbeleuchtung

Zu den Aufgaben der Straßenbeleuchtung gehören neben der Verbesserung der Verkehrssicherheit in der Nacht auch eine Erhöhung des Sicherheitsempfindens und damit eine Verringerung des Kriminalitätsrisikos. Außerdem soll die Straßenbeleuchtung zur Aufwertung des Stadtbildes beitragen und Atmosphäre schaffen.

Für die Erfüllung dieser Aufgaben sind folgende Qualitätskriterien von Bedeutung:

Beleuchtungsniveau:

Grundvoraussetzung für gutes Sehen ist ein an den Sehfunktionen orientiertes ausreichendes Beleuchtungsniveau. Das Helligkeitsniveau wird bestimmt von der

Beleuchtungsstärke und den Reflexionseigenschaften der beleuchteten Fläche

oder der Leuchtdichte der leuchtenden Flächen.

Gleichmäßigkeit der Beleuchtung:

Die Einhaltung des Beleuchtungsniveaus allein reicht nicht aus, damit die Sehaufgabe ausreichend erfüllt werden kann. Die Helligkeit muss außerdem gleichmäßig verteilt sein, denn in dunklen Zonen können Gefahren nur schwer erkannt werden. Solche Dunkelzonen entstehen, wenn zu wenige Lichtpunkte installiert sind oder einzelne Leuchten abgeschaltet werden oder defekt sind.

Lichtfarbe und Farbwiedergabe:

Die Lichtfarbe ist die Eigenfarbe des von Lampen abgestrahlten Lichts. Die Farbwiedergabe kennzeichnet die farbliche Wirkung, die das Licht auf Gegenständen hervorruft. In der



Außenbeleuchtung spielen beide Eigenschaften eine eher untergeordnete Rolle. Trotzdem ist der Einsatz von Lampen mit besserer Farbwiedergabeeigenschaft sinnvoll, um Farbunterschiede erkennbar zu machen und so die Informationsdichte zu erhöhen. Lampen mit schlechter Farbwiedergabe wie Natriumdampf-Niederdrucklampen sind nur für bestimmte Bereiche wie z.B. Häfen und Objektschutz geeignet. Die Lichtfarbe hat außerdem großen Einfluss auf die Anlockung nachtaktiver Tiere. Insekten reagieren besonders empfindlich auf die spektrale Zusammensetzung des Lichts von Leuchtstofflampen und Quecksilberdampf-Hochdrucklampen, während sie von Natriumdampflampen und LED weniger angezogen werden.

Zur Kennzeichnung werden Lampen entsprechend der Lichtfarbe (warmweiß, neutralweiß, tageslichtweiß), der Güte der Farbwiedergabe (Stufe 1 sehr gut bis 4 schlecht) und des Farbwiedergabeindex R_a (100 bis 20) klassifiziert.

Geringe Blendung:

Blendung kann die Sehleistung so stören, dass sicheres Wahrnehmen und Erkennen unmöglich sind. Starke Blendung führt zu einer messbaren Abnahme der Sehleistung und löst Unbehagen, Konzentrationsschwäche und damit Unfallgefahr aus.

Hohe Lichtausbeute:

Wie wirtschaftlich eine Lampe Licht erzeugt, beschreibt ihre Lichtausbeute. Sie setzt den Lichtstrom in Lumen in Relation zur elektrischen Leistungsaufnahme: Je höher das Verhältnis lm/W , desto besser wandelt eine Lampe die eingebrachte Energie in Licht um.

Konstanter Lichtstrom auch bei wechselnden Außentemperaturen:

Bei manchen Lampentypen nimmt der Lichtstrom bei bestimmten Temperaturen stark ab. So erzeugen z. B. Kompakt-Leuchtstofflampen bei niedrigen Temperaturen im Winter kaum noch Licht.

Geringe Ausfallsrate und lange Lebensdauer:

Langlebige Leuchtmittel sparen Kosten für den Lampenersatz. Längere Intervalle beim Lampenwechsel senken den Wartungsaufwand.

Zündverhalten und Anlaufzeit:

Der volle Lichtstrom wird erst nach einer lampenspezifischen Anlaufzeit erreicht. Nach einer Abschaltung oder Netzunterbrechung benötigen gerade Hochdrucklampen mehrere Minuten bis zu einer Wiederezündung.



Anhand dieser unterschiedlichen Qualitätskriterien lässt sich leicht erkennen, dass bei der Auswahl der Straßenbeleuchtung viele Faktoren wie z.B. Sicherheit, Ästhetik, Energieeinsatz, Beleuchtungsstärke und Preis abgewogen werden müssen, um eine optimale Beleuchtung zu erreichen.

6.1.7. Grundlagen der Planung

Die DIN EN 13201 klassifiziert die Gegebenheiten in mehreren Schritten und leitet aus diesem Auswahlverfahren die Anforderungen an die Beleuchtung ab. Um das geeignete Beleuchtungsniveau für die Straßenbeleuchtung zu bestimmen, wird die Straße zuerst je nach Hauptnutzer, typischer Geschwindigkeit, anderen zugelassenen Nutzern und ausgeschlossenen Nutzern in die Beleuchtungssituationen A1 bis E2 eingeteilt. Danach erfolgt in Abhängigkeit von der Beleuchtungssituation die Auswahl der Beleuchtungsklasse.

Mit Hilfe von Basis- und Zusatztabellen wird unter Berücksichtigung bestimmter Kriterien

die entsprechende Beleuchtungsklasse bestimmt. Diese Kriterien sind z.B. Kreuzungsdichte, bauliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung oder Gesichtserkennung.

Zur Berechnung der Straßenbeleuchtung nach DIN EN 13201 werden außer den Vorgaben zur lichttechnischen Güte weitere Angaben benötigt, z.B. Typ, Hersteller, und Bestückung

sowie die Lichtstärkeverteilung, Angaben zum Wartungsfaktor der Beleuchtungsanlage, Angaben zur Geometrie der Straße, die Definition der Berechnungsfläche, Angaben zur Aufstellung der Leuchten (Abstand zur Straße, einseitig / beidseitig, auf einem Mittelstreifen) und die Lichtpunkthöhe.

6.1.8. Einsparmöglichkeiten

In Gemeinden verschlingt die Straßenbeleuchtung ca. 30% des gesamten Strombezugs und ist damit ein beachtlicher Kostenfaktor. Doch durch verschiedene Maßnahmen lassen sich die Kosten stark reduzieren.

So betragen z.B. die Wartungskosten ca. 15% der Gesamtkosten für die Straßenbeleuchtung (vgl. Abbildung 6.1.6). Sie lassen sich durch Auswahl von Lampen mit langer Lebensdauer oder Gruppenwechsel der Lampen statt Einzelaktionen verringern. Gruppenwechsel bedeutet, dass alle Lampen gleichzeitig ausgetauscht werden, wenn etwa 5 – 10% von ihnen ausgefallen sind. Die Investitionskosten für einen Lampen- oder Leuchtenwechsel machen ca. 20% der Gesamtkosten aus. Sie sind im Vergleich zu den Betriebskosten eher gering, weshalb die Investitionskosten bei der Auswahl einer geeigneten Straßenbeleuchtung nicht die Hauptrolle spielen sollten. Den größten Teil



der Kosten stellen die Energiekosten mit ca. 65%. Sie lassen sich durch effizientere Leuchten, elektronische Vorschaltgeräte oder Halbnachtschaltung senken. Außerdem lassen sich Kosten durch günstige Entsorgung der Leuchtmittel und Überprüfung der Anzahl der Lichtpunkte einsparen. In den 70er Jahren achtete man kaum auf den Energieverbrauch, weshalb oft Lampen eingesetzt wurden, die aus heutiger Sicht überdimensioniert sind. Häufig liegen alte Straßenbeleuchtungsanlagen hinsichtlich der Beleuchtungsstärken und Leuchtdichten sowie deren Gleichmäßigkeit allerdings auch weit unter der Norm.

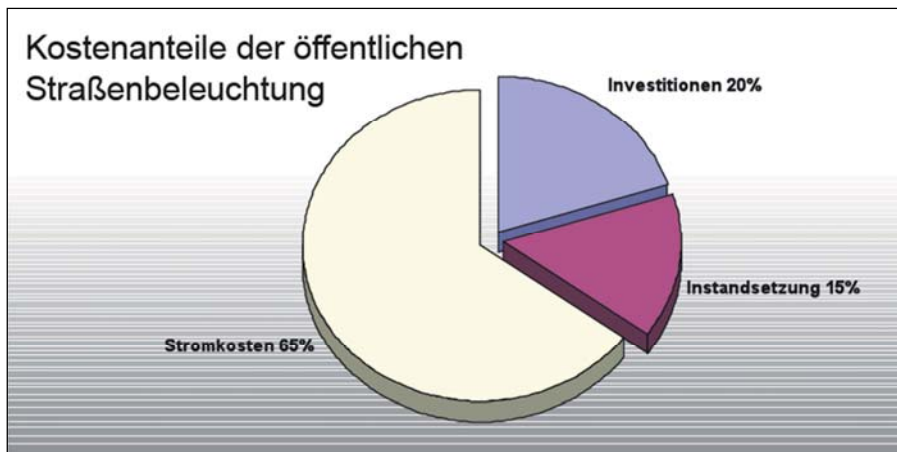


Abbildung 6.1.6: Kostenanteile der öffentlichen Straßenbeleuchtung (Quelle: Präsentation Stadtwerke Herne, Deutscher Städte- und Gemeindebund)



6.2. Zustand der Straßenbeleuchtung in Veitshöchheim

Die Straßenbeleuchtung in Veitshöchheim setzt sich aus ungefähr 1400 Leuchtstellen auf ca. 40 km Straßenlänge zusammen. Im Ortskern besteht sie aus historisch wirkenden Altstadt-Leuchten, während um die Mainfrankensäle sehr ineffiziente Kugelleuchten verwendet werden. Ansonsten werden hauptsächlich Kofferleuchten unterschiedlichen Alters genutzt, Pilzleuchten kommen nur vereinzelt vor. Die meisten Leuchten werden noch mit Quecksilberdampflampen betrieben, deren Handel in der EU ab 2015 aufgrund des hohen Stromverbrauchs und der Umweltschädigung durch Quecksilber verboten sein wird. Vereinzelt werden auch Natriumhochdruckdampflampen verwendet, da defekte Quecksilberdampflampen gegen diese derzeit wirtschaftlichsten Lampen ausgetauscht wurden. Komplette Straßenzüge sind in der Pont-l'Eveque-Allee (früher: Mainuferstraße), Geithainer Allee (früher: Querspange) und im Gewerbegebiet auf Natriumhochdruckdampflampen umgestellt.

Der Stromverbrauch für die Straßenbeleuchtung beträgt in Veitshöchheim insgesamt ca. 665.000 kWh im Jahr und kostet die Gemeinde rund 100.000 Euro. Besonders hoch ist der Stromverbrauch entlang der Mainpromenade, im hinteren Teil der Sendelbachstraße, An der Steige und im Bereich Seinsheimstraße/Schönstraße. Die Wartung der Straßenbeleuchtung erfolgt momentan noch durch Einzelaktionen, das heißt defekte Lampen werden einzeln ausgetauscht, wenn Bedarf besteht. Es ist aber geplant, von Einzelwechsel auf Gruppenwechsel umzustellen. Beim Gruppenwechsel werden in einem festgelegten Zeitintervall alle Lampen eines Bereichs ausgetauscht. So können Personal- und Gerätekosten eingespart werden.

Das Ein- und Ausschalten der Straßenbeleuchtung erfolgt in Veitshöchheim über Dämmerungsschalter, wird aber aktuell auf eine Steuerung über Rundsteuersignal umgestellt. Außerdem gibt es in Teilbereichen eine Halbnachtschaltung um während der verkehrsarmen Zeiten Strom zu sparen. Meist geschieht dies durch Abschalten einer von zwei Lampen in einer Leuchte. Vereinzelt gibt es noch Bereiche in denen jede zweite Leuchte abgeschaltet wird, wodurch starke Hell-Dunkel-Kontraste entstehen. In den Straßen, die bereits komplett auf Natriumhochdruckdampflampen umgestellt sind, erfolgt die Halbnachtschaltung durch Leistungsreduzierung. Ein Beispiel dafür ist die Pont-l'Eveque-Allee. Hier liegt der durchschnittliche Stromverbrauch pro Lichtpunkt bei nur 186 kWh, bzw. 8030 kWh/km während der Stromverbrauch insgesamt durchschnittlich ca. 500 kWh pro Lichtpunkt, bzw. 16.600 kWh/km beträgt.



Es existiert in der Gemeinde momentan noch keine Übersicht über die gesamte Straßenbeleuchtung sowie über die Wartungs- und Reparaturkosten. Einzelne defekte Leuchten werden vom Energiedienstleister „Die Energie“ ausgetauscht, jedoch nicht von der Gemeinde erfasst.



6.3. Einsparpotential

Der Stromverbrauch für die Straßenbeleuchtung liegt in Veitshöchheim bei ca. 665.000 kWh pro Jahr bei einer Straßenlänge von insgesamt 40 km. Daraus ergibt sich ein durchschnittlicher Verbrauch von 16.625 kWh/km. Der durchschnittliche Verbrauch energieeffizienter neuer Leuchten beträgt hingegen nur 7890 kWh/km. Dieser Wert ergibt sich aus dem Mittelwert der Leuchten über alle Straßenbreiten über alle betrachteten Beleuchtungsstärken in der Sammlung energieeffizienter Techniken für die Stadtbeleuchtung des Umweltbundesamtes (vgl. Tabelle 6.3.1 bis Tabelle 6.3.3). Es kann also durch die Sanierung mit energieeffizienter Beleuchtungstechnik ca. 50% des Energieverbrauchs eingespart werden. In Veitshöchheim sind das 333.000 kWh pro Jahr, was einer CO₂-Einsparung von 210 t pro Jahr entspricht.

Beleuchtungs- bzw. Lichtstärke	5 lux	0,5 cand	1,0 cand
Verbrauch (kWh/km a)	5.680	7.270	-
Investition (€/km) (Leuchtmittel, Betriebsgeräte und Leuchte)	10.850	10.510	-
Betrieb (€/km a) (inkl. Energie- und Ersatzteilkosten, ohne Personal und Zusatzgeräte)	867	1.282	-

Tabelle 6.3.1: Kennwerte der Beleuchtung für eine Straßenbreite von 5,5 m (Quelle: Umweltbundesamt: Bundeswettbewerb energieeffiziente Stadtbeleuchtung. Sammlung energieeffizienter Techniken für die Stadtbeleuchtung, 2009)

Beleuchtungs- bzw. Lichtstärke	5 lux	0,5 cand	1,0 cand
Verbrauch (kWh/km a)	5.820	7.490	10.040
Investition (€/km) (Leuchtmittel, Betriebsgeräte und Leuchte)	9.630	12.750	13.700
Betrieb (€/km a) (inkl. Energie- und Ersatzteilkosten, ohne Personal und Zusatzgeräte)	846	1.120	1.382

Tabelle 6.3.2: Kennwerte der Beleuchtung für eine Straßenbreite von 6,5 m (Quelle: Umweltbundesamt: Bundeswettbewerb energieeffiziente Stadtbeleuchtung. Sammlung energieeffizienter Techniken für die Stadtbeleuchtung, 2009)



Beleuchtungs- bzw. Lichtstärke	5 lux	0,5 cand	1,0 cand
Verbrauch (kWh/km a)	6.440	7.330	13.050
Investition (€/km) (Leuchtmittel, Betriebsgeräte und Leuchte)	9.700	11.240	25.140
Betrieb (€/km a) (inkl. Energie- und Ersatzteilkosten, ohne Personal und Zusatzgeräte)	953	1.050	953

Tabelle 6.3.3: Kennwerte der Beleuchtung für eine Straßenbreite von 7,5 m (Quelle: Umweltbundesamt: Bundeswettbewerb energieeffiziente Stadtbeleuchtung. Sammlung energieeffizienter Techniken für die Stadtbeleuchtung, 2009)



6.4. Maßnahmen

Möglichst bald sollte eine genaue Aufnahme des Ist-Zustandes der Stadtbeleuchtung erfolgen, da diese als Grundlage jedes Sanierungskonzeptes dient. Für jeden Lichtpunkt müssen Standort, Typ und Leistungsaufnahme des Leuchtmittels, Typ und Alter der Leuchte, Typ des Vorschaltgeräts, sowie der Zustand des Mastes ermittelt werden. Auf dieser Basis können dann die effektivsten Sanierungsmaßnahmen ausgewählt und Fehlinvestitionen verhindert werden, z. B. weil alte Leuchtenköpfe und neue Leuchtmittel inkompatibel sind. Das Ziel der Bestandsaufnahme ist ein umfassendes Leuchtenkataster, das für jeden Lichtpunkt alle relevanten Informationen bereithält. Daneben sollten Informationen über die vorhandenen technischen Voraussetzungen für Lichtsteuerungstechnologien, bestehende Verträge (Lichtlieferung, Stromlieferung, Wartung etc.), die Energieabrechnungen sowie die Wartungs- und Reparaturkosten der letzten drei Jahre vor Beginn der Sanierungsmaßnahmen zusammengestellt werden. Das Leuchtenkataster und der Energieverbrauch ist kontinuierlich fortzuschreiben, um Sanierungsmaßnahmen auf ihren Erfolg hin überprüfen zu können.

Außerdem sollte bald die Umstellung von Einzelwechsel auf Gruppenwechsel der Leuchten erfolgen, da so Personal- und Gerätekosten eingespart werden können, ohne dass Investitionen nötig sind.

Um den Stromverbrauch zu reduzieren, ohne Gefahren durch starke Hell-Dunkel-Kontraste zu erzeugen, sollte die Halbnachtschaltung komplett auf Leistungsreduzierung umgestellt werden, anstatt jede 2. Leuchte abzuschalten.

Eine weitere wichtige Maßnahme ist die großflächige Umstellung von Quecksilberdampflampen auf hocheffiziente Lampen. Dies sollte in den nächsten Jahren geschehen, da so bis zu 50% Strom eingespart werden können und der Handel mit Quecksilberdampflampen ab 2015 verboten ist. Die neuen Leuchten sollten außerdem über eine moderne Spiegeloptik verfügen, um Streulicht zu vermeiden. Die Auswahl der geeigneten Lampe muss entsprechend des Standortes und der Anforderungen stattfinden. Die Investitionskosten für eine solche Sanierungsmaßnahme amortisieren sich durch das große Einsparpotential in der Regel relativ schnell. Die Kosten für neue Leuchten betragen ca. 13.000 Euro/km (Mittelwert aus der Sammlung energieeffizienter Techniken für die Stadtbeleuchtung des Umweltbundesamtes). So würde eine komplette Umstellung der 40 km Straßenbeleuchtung auf energieeffiziente Techniken in Veitshöchheim ca. 520.000 Euro kosten (Kosten für Leuchte, Leuchtmittel und Betriebsgeräte, ohne Mast). Durch die Einsparung von 50% des Stromverbrauchs hätte sich die Investition bei gleichbleibendem Strompreis nach 11 Jahren



amortisiert. Da der Strompreis jedoch wahrscheinlich weiter ansteigen wird, liegt die Amortisationszeit sogar darunter. Inwieweit Mast und Kabelführung erneuert werden müssen, lässt sich schwer beurteilen und ist daher nicht mit aufgenommen. Ebenso ist die Reduzierung der Wartungskosten nicht berücksichtigt

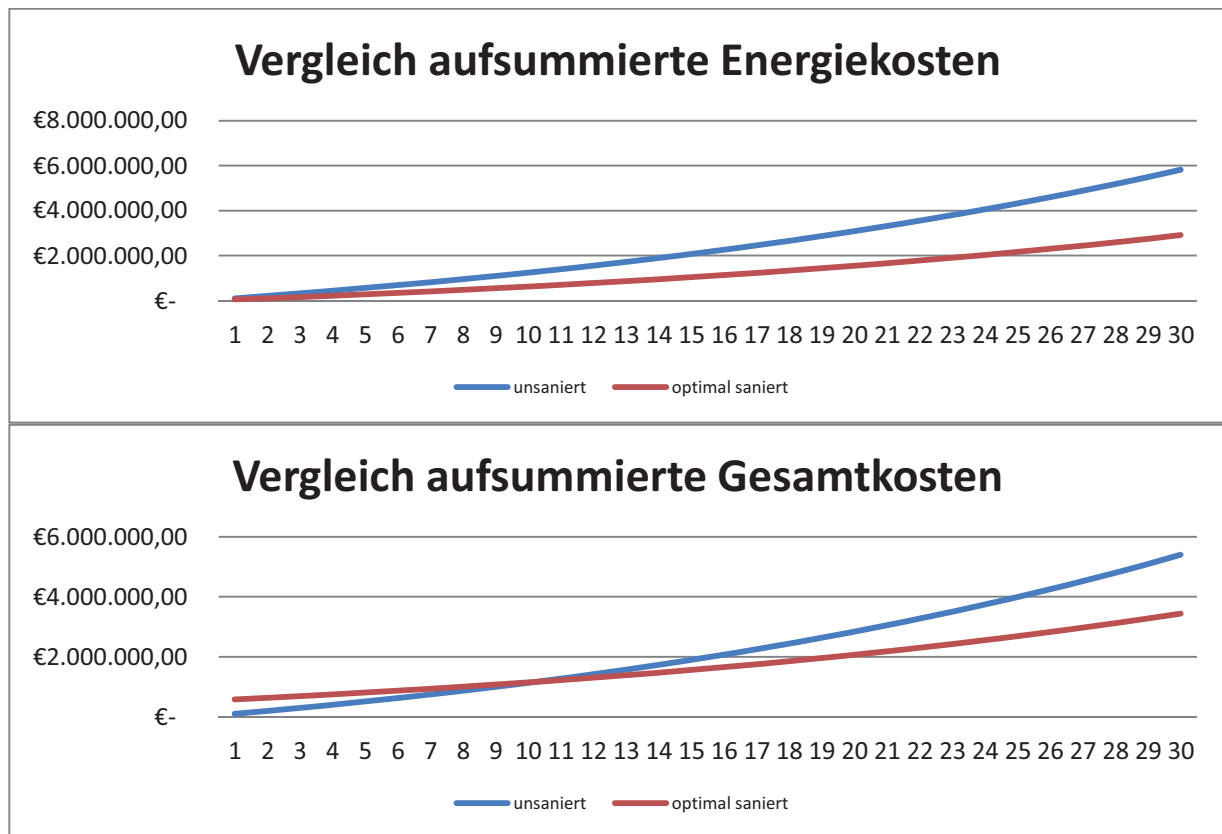


Abbildung 6.4.1: Wirtschaftlichkeit von effektiver Straßenbeleuchtung

Eine weitere Maßnahme besteht darin, eine LED-Modellstraße in einer Anlieger- oder kleinen Sammelstraße anzulegen, um Erfahrungen mit der neuen Technik zu sammeln und diese dann auf andere Straßen zu übertragen. Dabei ist es sinnvoll, eine Straße zu verwenden, die sowieso komplett erneuert werden muss, da so der Aufwand für neue Kabelverlegung, usw. gering bleibt. Wichtig bei der Nutzung von LED-Straßenbeleuchtung ist eine sorgfältige Auswahl des Herstellers, weil durch fehlende Normen große Unterschiede in der Qualität bestehen. Außerdem sollten neue Entwicklungen am Markt beobachtet werden, da die LED-Technik ständig weiter optimiert wird.



Der Weg zur energie- und kosteneffizienten Straßenbeleuchtung sollte in nachstehenden Schritten erfolgen⁶

1. Analyse IST-Zustand
(Bestandserfassung, Wertanalyse Bestandsanlage, Analyse der bisherigen Betriebsführung)
2. Auswahl und Planung von Modernisierungsmaßnahmen
(Leuchtmittel, Leuchte, Betriebsgeräte, Beleuchtungssteuerung)
3. Finanzierung klären
(Fördermöglichkeiten, Finanzierungsoptionen und –modelle)
4. Ausschreibung und Vergabe der Leistungen
5. Umsetzung der Maßnahmen
6. Dokumentation und Erfolgskontrolle

⁶ Sächsische Energieagentur



6.5. Finanzierungsmöglichkeiten

6.5.1. Förderungen

Siehe Übersichtstabelle Fördermöglichkeiten für die Straßenbeleuchtung im Anhang

6.5.2. Contracting

Straßenbeleuchtungs-Contracting umfasst die Finanzierung und Durchführung von Verfahren zur Bereitstellung spezifischer Energiedienstleistungen für Betreiber von Straßenbeleuchtungssystemen. Dies kann auch eine Versorgung mit Energie beinhalten. Die verschiedenen Modelle können kombiniert werden mit erneuerbaren Energien, Erneuerungsmaßnahmen von existierenden Komponenten und Systemen, Energieverbrauchs- und Gebührenerfassung und Life-Cycle-Kostenbewertung. Eine charakteristische Eigenschaft des Contractings ist, dass das vertraglich gebundene Dienstleistungsunternehmen den größten Teil des Risikos für das Projekt übernimmt, was sowohl den Energieverbrauch als auch die Instandhaltung umfasst.

In der Straßenbeleuchtung werden hauptsächlich drei Contracting-Modelle unterschieden:

Beleuchtungs-Contracting

wird angewendet zur Betriebsoptimierung und Modernisierung der Beleuchtungsanlagen. Die Dienstleistung umfasst dabei die Betriebsführung und ggf. Finanzierung, Planung der Modernisierung, Errichtung und Instandhaltung. Der Contractor erhält für die erbrachten Leistungen ein Nutzungsentgelt als Vergütung. Dieses Modell ist für einfache Modernisierungsmaßnahmen inklusive Instandhaltung geeignet.

Lichtliefer-Contracting

wird angewendet zur Betriebsoptimierung und Modernisierung der Beleuchtungsanlagen. Zusätzlich zu den beim Beleuchtungs-Contracting genannten Dienstleistungen erbringt der Contractor die Energieversorgung der Straßenbeleuchtung. Er erhält ein Nutzungsentgelt zuzüglich der Energiekosten. Dieses Verfahren ist geeignet für komplexere Lösungen, inklusive Betrieb der Anlagen.



Einspar-Contracting

wird für Maßnahmen zur Einsparung von Energie- und Instandhaltungskosten angewendet. Die vom Contractor zu erbringenden Dienstleistungen sind die Finanzierung, Planung, Errichtung, Durchführung und Instandhaltung von Einsparmaßnahmen. Dabei garantiert er für bestimmte verbindlich festgelegte Einsparziele. Zur Finanzierung erhält er eine Vergütung für die erzielten Betriebskosteneinsparungen. Werden die vom Contractor garantierten Einsparungen übertroffen, kann er einen größeren Gewinn erzielen. Kann er die Einsparungen dagegen nicht erreichen, geht dies finanziell zu seinen Lasten.

Voraussetzungen für wirtschaftliches Einspar-Contracting:

- überdurchschnittlich hoher Energieverbrauch, hohe Energie- und Instandhaltungskosten
- ein langfristiges Nutzungskonzept
- gesicherte Vertrags- und Eigentumsverhältnisse

Vorteile:

- Finanzierung von Modernisierungsmaßnahmen trotz angespannter Haushaltslage
- technisches und wirtschaftliches Risiko bei einem externen Dienstleistungsunternehmen
- Nutzung vorhandenen umfangreichen Know-hows
- Service aus einer Hand von der Planung bis zum Betrieb
- besonders effiziente Ausnutzung der Einsparpotentiale durch finanzielle Anreize und vertragliche Verpflichtungen des Contractors

Hindernisse:

- technisch und organisatorisch (Datenzusammenstellung, erhöhter Organisationsaufwand)
- rechtliche (Bereitstellung eines sicheren und fairen Vertrages, Unsicherheiten bzgl. Haushaltsreglung und Ausschreibungsverfahren)



- menschliche Barrieren (fehlendes Vertrauen in ein größtenteils unbekanntes Konzept sowie externe Dienstleister, Befürchtungen von Stellenwegfall)
- Problem des Nachweises von Energieeinsparung und damit Kosteneinsparungen
- Fehlen von angemessenen Kosten-Nutzen Analysen und Planungsinstrumenten für Außenbeleuchtung
- Einspargewinne gehen der Gemeinde teilweise verloren (Gewinn des Contractors)

Voraussetzung für jedes Projekt ist eine gute Vorbereitung und eine vertrauensvolle Zusammenarbeit auf der Basis eines sicheren und fairen Vertragsmodells. Der ökologische und ökonomische Gewinn von Einspar-Contracting hängt stark von der Qualität der Ausschreibung und der Bewertung der Angebote ab.

Ausgeführte Beispiele für Einspar-Contracting:

Stadt Kempten, Stadt Hagen, Stadt Mechernich

Anbieter:

E.ON Mitte AG

Nuon Stadtlicht GmbH

Luretec

Bayerische Landessiedlung GmbH

HessAG



6.6. „Vision für die Zukunft“

Die Straßenbeleuchtung der gesamten Gemeinde wird mit hocheffizienten Leuchten und intelligenten Steuerungen betrieben, die sich beliebig dimmen lassen, die Helligkeit je nach Bedarf anpassen und mit anderen Verkehrseinrichtungen zusammenschaltet werden können. Der Lichtstrahl kann in bestimmte Richtungen gelenkt werden, wodurch die Abstrahlung in den Nachthimmel und die Anlockung von Insekten minimiert werden. Die Wartungskosten sind durch eine sehr lange Lebensdauer von mind. 15 Jahren sehr gering. Die Verkehrssicherheit wird durch eine gleichmäßige Ausleuchtung der Straßen, eine gute Farbwiedergabe und die individuelle Wahl der Lichtfarbe erhöht. Aufgrund der fortschreitenden Entwicklung von LED's ist damit zu rechnen, dass sich die Effizienz der Straßenbeleuchtung noch weiter steigern lässt, so dass der nach heutigem Stand der Technik optimierte Verbrauch nochmals um mehr als 30% reduziert werden kann.

6.7. Literaturverzeichnis:

- 1) Fördergemeinschaft Gutes Licht: licht.wissen 03 Straßen, Wege und Plätze

Download auf www.licht.de

- 2) Energieinstitut Vorarlberg: Leitfaden energieeffiziente Straßenbeleuchtung, 2000

- 3) Schweizerische Agentur für Energieeffizienz: Straßenbeleuchtung, 2008

Download auf www.topten.ch/sb

- 4) Umweltministerium Baden-Württemberg: Effizientere Straßenbeleuchtung, 2009

- 5) Umweltbundesamt: Bundeswettbewerb energieeffiziente Stadtbeleuchtung. Sammlung energieeffizienter Techniken für die Stadtbeleuchtung, 2009

- 6) NABU-Bundesverband: Fahrplan für die Sanierung der Stadtbeleuchtung

Download auf www.nabu.de/aktionenundprojekte/stadtbeleuchtung/fachinformationen



- 7) <http://www.keds-online.de/>
- 8) www.strassenlicht.de
- 9) www.energiesparende-beleuchtung.de

