

Konzept zur Erhöhung der Energieeffizienz in der Strassen- und Objektbeleuchtung im Kanton Schaffhausen

Stand 19. Oktober 2015

Auftraggeber	Baudepartement Kanton Schaffhausen
Arbeitsgruppe	Rainer Jahnke, Energiefachstelle Kanton Schaffhausen, Projektleitung Christian Scheuermann, EKS AG Tobias Volpon, SH Power Peter Dalpiaz, EW Hallau Hansueli Alder, Fledermausbeauftragter Kanton Schaffhausen Urs Capaul, Stadt Schaffhausen Thomas Zwysig, Gemeinde Thayngen Stefan Rössler, Gemeinde Wilchingen Temporär: Peter Gasser u. Jürg Walser, Visiolux AG
Fachliche Beratung und Unterstützung bei der Erarbeitung des Konzeptes	Jörg Haller; Fachabteilung ÖB, EKZ
Aufbereiten der Rohdaten für Auswertung; Mitwirkung bei Erarbeitung des Konzeptes	Peter Gasser, Jürg Walser; Visiolux AG;

Inhalt

1	Zusammenfassung	4
2	Ausgangslage und Zielsetzung	8
3	Rahmenbedingungen	10
3.1	Rechtliche Grundlagen	10
3.2	Fördermöglichkeiten	12
4	Technische Grundlagen und Umwelteinwirkungen	13
4.1	Entwicklung Strassenbeleuchtung	13
4.2	Moderne Technologien zur Strassen- und Objektbeleuchtung.....	13
4.3	Energieeffizienzpotenzial zur Verringerung von Umwelteinwirkungen	16
4.4	Energieeffizienz vs. Umweltschutz	20
4.5	Anforderungen an Beschaffung, Installation und Betrieb	20
4.6	Kosten	20
5	Bestandsaufnahme	21
5.1	Abgrenzungen und Zuständigkeiten in der öffentlichen Strassen- und Objektbeleuchtung.....	21
5.2	Beurteilung Datenbasis	21
5.3	Aktivitäten bis heute	22
6	Auswertung und Ermittlung des Energieeffizienzpotenzials	25
6.1	Grundsätzliches.....	25
6.2	Energieeffizienzpotenzial Erneuerung Beleuchtungskörper und Leuchtmittel	25
6.3	Energieeffizienzpotenzial Lichtsteuerungen/Lichtmanagementsysteme.....	27
6.4	Potenzial Umwelteinwirkungen	29
6.5	Zusammenfassung theoretisches und wirtschaftliches Energieeffizienz-potenzial	31
6.6	Kosten der Umstellung von ineffizienter auf effiziente Beleuchtung	33
7	Massnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz	34
7.1	Vorgehensweise Gemeinden.....	34
7.2	Vorgehensweise Kanton.....	34
7.3	Priorisierter Zeitplan zur Umsetzung der Massnahmen	41
8	Schlussfolgerungen und Ausblick	42
9	Anhänge	44
9.1	Begriffe.....	44
9.2	Ansprechpartner	44
9.3	Anforderungen an Beschaffung, Installation und Betrieb	45
9.4	Beispiel Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	47

1 Zusammenfassung

Ausgangslage und Zielsetzung

Der Kanton Schaffhausen hat sich mit den Grundlagen für die Leitlinien und Massnahmen der kantonalen Energiepolitik 2008-2017 zum Ziel gesetzt, die Energieeffizienz zu erhöhen. Zugleich setzt sich der Kanton für die Umsetzung der Vorbildfunktion von Kanton und Gemeinden im Bereich Energie ein.

Die Strassen- und Objektbeleuchtung hat an den Gesamt-Stromkosten der Gemeinden einen durchschnittlichen Anteil von 10 - 15 %. Das Potenzial zur Erhöhung der Energieeffizienz wurde für diesen Bereich bisher nicht erfasst. Vor dem Hintergrund des Verbots zum Inverkehrbringen von Quecksilberdampflampen hat dieses Konzept das Ziel, die heute eingesetzten Technologien in der Strassen- und Objektbeleuchtung im Kanton Schaffhausen zu ermitteln und daraus das Energieeffizienzpotenzial zu bestimmen. Im Ergebnis soll ein Massnahmenplan entwickelt werden, mit dem das Energieeffizienzpotenzial unter Berücksichtigung von weiteren relevanten Kriterien, wie zum Beispiel Umweltaspekten, weitgehend ausgeschöpft werden kann.

Der Untersuchungsumfang dieses Konzeptes umfasst die Strassen- und Objektbeleuchtungen im öffentlichen Raum mit Ausnahme der vom Bund verwalteten Strassen. Die Gemeinden haben die Aufgaben für Betrieb und Unterhalt grösstenteils den drei Elektrizitätswerken EKS AG, SH Power und EW Hallau übertragen.

Zur Erarbeitung des Konzeptes wurde von der Energiefachstelle eine Arbeitsgruppe mit Vertretern der drei kantonalen Elektrizitätswerke, drei Gemeindevertretern, dem kantonalen Fledermausbeauftragten und den bei der Erstellung des Konzeptes mitwirkenden Unternehmen aufgestellt.

Bestandsaufnahme

Die Daten zur Strassen- und Objektbeleuchtung der drei Elektrizitätswerke EKS AG, SH Power und EW Hallau lassen Rückschlüsse auf das Energieeffizienzpotenzial der Strassenbeleuchtung zu. Anhand der eingesetzten Leuchtmittel und Leuchten-Bauformen können Rückschlüsse auf Umweltschutzaspekte wie beispielsweise Lichtimmissionen und Insektenschutz gezogen werden.

Zu den Objektbeleuchtungen können auf Basis der vorhandenen Daten keine verlässlichen Aussagen zum Energieeffizienzpotenzial und zu Umweltschutzaspekten getroffen werden. Die Objektbeleuchtung wird von den Gemeinden oft in Eigenregie mit örtlichen Unternehmen realisiert, daher sind die Daten nur teilweise bei den drei Elektrizitätswerken erfasst.

Auswertung

Die insgesamt ca. 11'000 Leuchten im Kanton Schaffhausen haben aktuell einen Energiebedarf von ca. 3 GWh/a. Die Energiekosten für die Strassen- und Objektbeleuchtung betragen bei einem mittleren Strompreis von 18 Rp/kWh ca. 540'000 CHF/a.

Als effizient kann ein Leuchtmittel in der Strassenbeleuchtung dann gelten, wenn es eine Lichtausbeute $> 80 \text{ lm/W}$ besitzt und die Voraussetzungen bietet, das Licht mit möglichst wenig Verlusten auf die zu beleuchtenden Flächen zu bringen. Die Anzahl aus heutiger Sicht ineffizienter Leuchten im Kanton Schaffhausen beträgt 1'270 Stück, dies entspricht einem Anteil von 12 %.

Zur Feststellung des Energieeffizienzpotenzials wurde ein theoretisches Energieeffizienzpotenzial und ein wirtschaftliches Energieeffizienzpotenzial ermittelt. Im theoretischen Energieeffizienzpotenzial wird das derzeit theoretisch mögliche Maximum zur Erhöhung der Energieeffizienz aufgezeigt. Die Wirtschaftlichkeit wird dabei nicht berücksichtigt. Im wirtschaftlichen Energieeffizienzpotenzial wird aufgezeigt, welche Massnahmen aus heutiger Sicht realistisch umsetzbar sind.

Mit folgenden Massnahmen kann eine Erhöhung der Energieeffizienz erreicht werden:

1. Erneuerung Beleuchtungskörper und Leuchtmittel
2. Installation bzw. Optimierung von Lichtsteuerungen / Lichtmanagementsystemen
 - a) Anpassen der Dämmerungsschaltung
 - b) Optimierung Einschaltzeiten
 - c) Ereignisgesteuertes Dimmen oder
 - d) Zeitgesteuertes Dimmen

Zusammenfassung theoretisches und wirtschaftliches Energieeffizienzpotenzial

Übersicht zu den Energieeffizienzpotenzialen:

Massnahme	Energieeffizienzpotenzial theoretisch, gesamt	Energieeffizienzpotenzial wirtschaftlich, innerhalb 15 Jahre	Energieeffizienzpotenzial in kWh, innerhalb 15 Jahre
Erneuerung Beleuchtungskörper und Leuchtmittel	bis 58 %	ca. 35 - 45 %	ca. 1'270'000
Lichtsteuerungen/ Lichtmanagementsysteme		} ca. 10 - 15 %	ca. 300'000
a) Dämmerungsschaltung	0 - 7 %		
b) Einschaltzeiten	bis 33 %		
c) Dimmung ereignisgesteuert oder	10 - 90 %		
d) Dimmung zeitgesteuert	0 - 50 %		
Total	ca. 70 %	ca. 50 %	ca. 1'570'000

Für den ganzen Kanton Schaffhausen in der Strassen- und Objektbeleuchtung kann von einem durchschnittlichen, theoretischen Gesamt-Energieeffizienzpotenzial von ca. 70 % ausgegangen werden. In Einzelfällen ist sogar ein Energieeffizienzpotenzial von bis zu 85 % möglich.

Kurzfristig lässt sich mit dem gebotenen Ersatz von Quecksilberdampflampen, Gaslampen, Mischlicht- und Glühlampen durch effiziente Leuchten der Energiebedarf um ca. 360'000 kWh/a (12 %) senken. Dies entspricht dem durchschnittlichen Energieverbrauch von 80 Vier-Personen-Haushalten und einem Betrag von ca. 65'000 CHF/a.

Geht man von einem Zeitrahmen von 15 Jahren aus, so erschliesst man sich durch die kontinuierliche Erneuerung der Beleuchtung in diesem Zeitraum ein weiteres Einsparpotenzial von rund 910'000 kWh/a (30 %) des heutigen Energiebedarfs. Durch Umstellung von Ganznacht- auf Halbnachtschaltung und Optimierung der Lichtsteuerung können um bis zu ca. 300'000 kWh/a (10 %) eingespart und die Energiekosten um ca. 55'000 CHF/a reduziert werden.

Das wirtschaftliche Einsparpotenzial innerhalb der nächsten 15 Jahre liegt mit ca. 1'570'000 kWh/a bei rund der Hälfte des heutigen Energiebedarfs für die öffentliche Beleuchtung im Kanton Schaffhausen. Die eingesparte Strommenge reicht aus, um 350 Vier-Personen-Haushalte jährlich mit dem (durchschnittlich) benötigten Strom zu versorgen. Insgesamt können damit die Energiekosten um ca. 283'000 CHF pro Jahr gesenkt werden.

Umwelteinwirkungen

Auf Basis der Bestandsdaten lassen sich die meisten Leuchten (85 %) hinsichtlich direkter, unerwünschter Lichtimmissionen in Richtung Himmel und Horizont grob in folgende Kategorien und Prozent-Anteile gliedern:

- Hoher Anteil Lichtimmissionen: ca. 5 % (z.B. Kugelleuchten)
- Mittlerer Anteil Lichtimmissionen: ca. 75 %
- Reduzierter Anteil Lichtimmissionen: ca. 5 %

Die Kugelleuchten und aufwärts gerichteten Objektbeleuchtungen sollten am jeweiligen Standort auf ihre Wirkung für Mensch und Umwelt geprüft und so weit wie möglich durch moderne, nach unten gerichtete Beleuchtungen ersetzt werden. Reflexionen verursachen ebenfalls Lichtverschmutzung. Deshalb sollte Licht gezielt eingesetzt und zum Beispiel nicht in den Rhein gerichtet werden.

Die Einschätzung zur Wirkung des Lichtes auf Insekten kann auf Basis des Lichtspektrums und der Bauform der Leuchte ebenfalls für 85 % der Leuchten ohne grösseren Untersuchungsaufwand vorgenommen werden:

- Hohe Anlockwirkung: ca. 10%
- Mittlere Anlockwirkung: ca. 70%
- Reduzierte Anlockwirkung: ca. 5 %

Empfehlungen an die Beschaffung von Strassen- und Objektbeleuchtung unter Berücksichtigung von Energieeffizienz und Lichtverschmutzung sind im Anhang 8.3 beschrieben.

Vorgehensweise Gemeinden

Auf Basis eines Vorgehensplans können Grundlagen für konkrete Massnahmen erarbeitet und Entscheide getroffen werden.

Sofortmassnahmen zur kurzfristigen Erhöhung der Energieeffizienz:

- Austausch der bestehenden ineffizienten Leuchten bzw. Leuchtmittel
- Überprüfung des Beleuchtungsniveaus
- Verminderung der Betriebsstunden
- Nachtabschaltung
- Leistungsreduzierung

Massnahmen

Folgende sechs Massnahmen wurden zur Erhöhung der Energieeffizienz unter Berücksichtigung der Umwelteinwirkungen definiert.

Prio.	Massnahme
1	Informationsveranstaltungen für Gemeinden
2	Schaffung von Planungsgrundlagen
3	Mitarbeit bei der Erarbeitung von Empfehlungen und Richtlinien
4	Durchführen von Pilotprojekten
5	Investitionshilfen für bedarfsgerechte Beleuchtung
6	Pflicht zur Erneuerung ineffizienter Strassen- und Objektbeleuchtung

Fazit und Ausblick

Die Beleuchtung im Kanton Schaffhausen ist grundsätzlich auf einem guten Stand. Ein Grossteil der Beleuchtung ist mit energieeffizienten Natriumhochdrucklampen und teilweise bereits mit LED ausgerüstet. Bei rund 60 % der Strassenbeleuchtung wird bereits eine nächtliche Abschaltung oder Leistungsreduktion vorgenommen. Damit wird an diesen Standorten bereits rund ein Drittel Energie gegenüber der Ganznachtschaltung eingespart.

Auf Grund ihrer mangelnden Energieeffizienz müssen Glühlampen, Quecksilberdampflampen, Gaslampen und Mischlichtlampen aus dem Verkehr gezogen werden. Diese gilt es möglichst zeitnah zu ersetzen. Die drei Elektrizitätswerke EKS AG, SH Power und EW Hallau beabsichtigen, innerhalb der nächsten drei Jahre den grössten Teil der heute noch vorhandenen 1'270 ineffizienten Leuchten durch effiziente Leuchten zu ersetzen.

Um den insgesamt guten Stand zu halten und gezielt zu verbessern, empfiehlt es sich, in den nächsten Jahren im Rahmen aller Strassenbauprojekte auch die Strassenbeleuchtung zu überprüfen und gezielt zu erneuern. Mit einer fachgerechten Lichtplanung können Leuchten und Standorte so gewählt werden, dass mit möglichst wenig Energieeinsatz eine optimale Beleuchtung erreicht werden kann.

Innerhalb der nächsten 15 Jahre ist gegenüber heute eine Reduzierung des Energiebedarfs für die Strassen- und Objektbeleuchtung im Kanton Schaffhausen um etwa die Hälfte möglich. Das Baudepartement des Kantons Schaffhausen unterstützt im Rahmen der Vorbildwirkung die Erhöhung der Energieeffizienz in der Strassen- und Objektbeleuchtung mit sechs konkreten Massnahmen. Von einer schrittweisen Erneuerung der Beleuchtung profitieren die Steuerzahler durch langfristig geringere Kosten und die Umwelt durch Verminderung der Lichtverschmutzung.

2 Ausgangslage und Zielsetzung

Der Kanton Schaffhausen hat sich zum Ziel gesetzt, die Energieeffizienz zu erhöhen. Im Rahmen der Vorbildwirkung von Kanton und Gemeinden im Bereich Energie gemäss Art. 3a des Gesetzes über die Raumplanung und das öffentliche Baurecht im Kanton Schaffhausen (Baugesetz) sind die Einrichtungen der öffentlichen Hand mit erhöhtem Strombedarf auf ihre Energieeffizienz zu prüfen und gegebenenfalls Massnahmen zur Optimierung zu ergreifen. Die Strassen- und Objektbeleuchtung liegt im Kanton Schaffhausen mit Ausnahme der nationalen Strassen und Tunnel in der Verantwortung der Gemeinden. An den Gesamt-Stromkosten der Gemeinden hat die Strassen- und Objektbeleuchtung einen durchschnittlichen Anteil von 10 - 15 %. Somit ist die Optimierung des Stromverbrauches durchaus relevant für die Höhe der jährlichen Betriebskosten in den Gemeinden.

Die Strassen- und Objektbeleuchtung hat die Aufgabe, einen Beitrag zur Sicherheit der Strassennutzer zu leisten und auf die Attraktivität und das Gemeinwohl einen positiven Einfluss zu nehmen. Einige dieser Beleuchtungsanlagen sind nach heutigem Massstab nicht mehr energieeffizient und müssen erneuert werden. Mit dem ab 2015 geltenden Verbot zum Inverkehrbringen von Quecksilberdampf Lampen steht die Umrüstung der öffentlichen Beleuchtung vielerorts an.

Aber nicht nur die Energieeffizienz ist ein Grund, die Strassen- und Objektbeleuchtung einer Prüfung zu unterziehen. Gemäss BAFU haben die gegen oben gerichteten Lichtemissionen in der Schweiz seit den 1990er-Jahren um rund 70 % zugenommen. Eine übermässige Beleuchtung in der Nacht kann negative Folgen für Menschen und Tiere haben. Für Menschen reichen diese von einer einfachen Belästigung, die bereits durch wenig intensives Licht ausgelöst werden kann, bis zu Schlafstörungen. Nachtaktive Tiere können durch künstliches Licht erheblich gestört werden. Der Lebensraum von Tieren kann durch Lichtemissionen zerschnitten, ihr Aktionsradius eingeschränkt und das Nahrungsangebot reduziert werden.

Zusammengefasst sollen mit einer Optimierung der öffentlichen Strassen- und Objektbeleuchtung folgende Ziele erreicht werden:

- Umsetzung von Gesetzen, Verordnungen und Normen
- örtlich angepasste Beleuchtung
- Steigerung der Energieeffizienz
- Kostensenkungen
- Modernisierung und Anpassung an den aktuellen Stand der Technik
- Kompatibilität der eingesetzten Technik mit zukünftigen Technologien
- Einsatz von modernen und offenen Steuerungssystemen an geeigneten Standorten
- Messbare und wahrnehmbare Verbesserung der Lichtqualität
- Prävention gegen Kriminalität und Vandalismus und Erhöhung der Sicherheit
- Natur- und Lebensräume sollen so weit wie möglich von Licht verschont werden
- Gewährleistung einer nachhaltigen, umweltgerechten Entsorgung der Leuchten
- Steigerung der Attraktivität des Strassenbildes und Erhöhung der Lebensqualität

Im Kanton Schaffhausen haben in den vergangenen Jahren bereits einige Gemeinden zusammen mit den jeweiligen Elektrizitätswerken die Initiative ergriffen und mit der Modernisierung der öffentlichen Strassen- und Objektbeleuchtungen begonnen. Die verwendeten

Technologien sind energieeffizient und beleuchten nur dort, wo eine Beleuchtung benötigt wird.

Dieses Konzept hat das Ziel, auf Basis der heute eingesetzten Technologien in der Strassen- und Objektbeleuchtung das Energieeffizienzpotenzial im Kanton Schaffhausen zu ermitteln. Daraus soll im Ergebnis ein Massnahmenplan entwickelt werden, mit dem das Energieeffizienzpotenzial unter Berücksichtigung von weiteren relevanten Kriterien, wie zum Beispiel Umweltaspekten, weitgehend ausgeschöpft werden kann.

Für die Erarbeitung des Konzeptes wurde von der Energiefachstelle eine Arbeitsgruppe mit Vertretern der drei kantonalen Elektrizitätswerke, drei Gemeindevertretern, dem kantonalen Fledermausbeauftragten und den bei der Erstellung des Konzeptes mitwirkenden Unternehmen aufgestellt (siehe Umschlagseite 1).

Zur Umsetzung der Ziele und zur Erarbeitung des Massnahmenplans sind folgende Fragen zu beantworten:






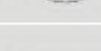


- Was sind die gesetzlichen Rahmenbedingungen zur Strassen- und Objektbeleuchtung?
- Was sind die technischen Anforderungen an die Strassen- und Objektbeleuchtung, um effizient den Zweck zur Beleuchtung zu erfüllen und gleichzeitig negative Einwirkungen auf die Umwelt zu vermeiden?
- Wie gross ist der Anteil an effizienter bzw. nicht-effizienter Strassen- und Objektbeleuchtung im Kanton Schaffhausen?
- Welches Potenzial zur Erhöhung der Energieeffizienz ist vorhanden und mit welchen Massnahmen kann es genutzt werden?

3 Rahmenbedingungen

3.1 Rechtliche Grundlagen

Nachfolgend sind die wichtigsten rechtlichen Grundlagen für die öffentliche Beleuchtung aufgeführt.

Verbindliche Anforderungen an die Energieeffizienz und Vorgaben bezüglich der Inverkehrsetzung von Hochdruckentladungslampen, von Vorschaltgeräten und Leuchten sind im Anhang 2.14 der **Energieverordnung** (EnV 730.01) des Bundes definiert, der zeitliche Rahmen zum Verbot von ineffizienten Leuchtmitteln ebenfalls:

Komponentenverbot: Fahrplan		2012	2015	2017
Quecksilberdampflampen			Verbot	
Natriumdampflampen Plug-in			Verbot	
Natriumdampflampen Mattglas		Verbot von Lampen mit weniger als 80 105 115 lm/W		
Natriumdampflampen Klarglas		Verbot von Lampen mit weniger als 90 110 125 lm/W		
Metaldampflampen Mattglas		Verbot von Lampen mit weniger als 70 75 75 lm/W		75 80 80 lm/W
Metaldampflampen Klarglas		Verbot von Lampen mit weniger als 75 80 80 lm/W		80 85 85 lm/W
Vorschaltgeräte (VG)		Verbot von VG mit Wirkungsgraden unter 75 85 85 %		85 90 90 %
Leuchten		Neue Leuchten müssen mit den ab 2017 vorgeschriebenen VG kompatibel sein.		

Die Werte in der Tabelle gelten für Lampen mit 70 | 150 | 250 Watt.

Quelle: www.topstreetlight.ch

Die Beleuchtung von öffentlichen Strassen und Bereichen unterliegt zudem der Werkeigentümerhaftung nach dem **Obigationenrecht OR 58**. Das Werk ist so zu erstellen, dass sich auch ältere oder gehbehinderte Personen gefahrlos bewegen können.

Weiterhin ist die öffentliche Beleuchtung von Strassen, Plätzen und Wegen in der Norm **SN EN 13201** geregelt. Diese definiert verbindliche Anforderungen zur Gestaltung der Beleuchtung und gibt lichttechnische Grenzwerte zum Beispiel für Beleuchtungsstärken vor. Die Norm gibt zudem im Detail vor, wie Strassen lichttechnisch zu klassifizieren sind. Hierbei werden Umwelteinflüsse und individuelle Einflüsse vor Ort berücksichtigt und wird sehr fein zwischen den verschiedenen Anforderungen und Nutzungsarten unterschieden. Für einen Fussgängerstreifen gelten völlig andere Anforderungen als an die Beleuchtung eines Radweges, für eine Quartierstrasse deutlich niedrigere als beispielsweise an eine Hauptstrasse. Eine korrekte Klassifizierung und eine exakte Planung ist somit auch ein erster Schritt zu einer energieeffizienten Beleuchtung.

Die Norm SN EN 13201 zur Strassenbeleuchtung regelt die Art und Weise, wie der öffentliche Raum zu beleuchten ist, macht aber keinerlei Vorgaben bezüglich Einschaltzeiten der Beleuchtung, also ob und wann nachts das Licht ausgeschaltet wird. Dies ist ein politischer Entscheid, welchen jede Gemeinde entsprechend ihren spezifischen Bedürfnissen festlegt. Somit bietet der heutige Rahmen nur in speziellen Fällen und sehr eingeschränkt die Möglichkeit, die Beleuchtung zeitabhängig zu dimmen. Die Norm ist derzeit in Überarbeitung, sodass zukünftig Vorgaben zur Steuerung und Absenkung der Beleuchtung zu erwarten sind.

Aus Praxis­sicht gestaltet sich nach Auskunft der Elektrizitätswerke die Installation der Strassenbeleuchtung gemäss derzeitigen Normen teilweise als schwierig umsetzbar, weil dann oft zu hell beleuchtet werden muss. Es wird erwartet, dass mit der revidierten Norm SN EN 13201 eine Überbeleuchtung vermieden werden kann.

Ergänzend zur SN EN 13201 hat die Schweizer Lichtgesellschaft (SLG) mit der „**SLG 202**“ Richtlinien veröffentlicht, welche die Anforderungen in der Norm ergänzen, erläutern und präzisieren. Auch werden hierin Wegleitungen aufgezeigt, wie man Ein- und Ausschaltzeiten der Öffentlichen Beleuchtung festlegen kann.

Die Norm **SIA 491** beinhaltet die Vermeidung unnötiger Lichtemissionen und dient als Grundlage für einen haushälterischen Umgang mit der Lichtnutzung im Aussenraum. Sie kommt bei Neuerstellung, Erneuerung und Ersatz von Anlagen zur Aussenbeleuchtung zur Anwendung.

Die Richtlinie **SLG 450a** befasst sich mit der Energie in der Öffentlichen Beleuchtung und stellt den heutigen Stand der Technik dar. Die Aspekte der Lichttechnik und der Energie sollen sich in sinnvoller Weise ergänzen.

Auf kantonaler Ebene ist unter anderem das **Gesetz über die Einführung des Bundesgesetzes über den Umweltschutz** (Einführungsgesetz zum USG) vom 22. Januar 2007 relevant: „Lichtemissionen müssen im Sinne der Vorsorge soweit begrenzt werden, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist, mindestens aber so, dass sie für Mensch und Umwelt weder schädlich noch lästig werden.“

Gemäss Art. 3a des **Gesetzes über die Raumplanung und das öffentliche Baurecht im Kanton Schaffhausen** (Baugesetz) vom 1. Dezember 1997 haben sich der Kanton, die Gemeinden und andere Körperschaften und Anstalten des öffentlichen Rechts im Bereich Energie bezüglich der effizienten Nutzung und dem Einsatz erneuerbarer Energie vorbildlich zu verhalten.

Im **Kantonalen Richtplan Schaffhausen** sind Planungsgrundsätze zur Vermeidung von Lichtverschmutzung beschrieben. Dies soll zum Beispiel durch Minimierung der Lichtverschmutzung, der Einschränkung himmelwärts gerichteter Anlagen und der Anpassung von Beleuchtungsstärken und Betriebszeiten auf das notwendige Minimum und unter Gewährleistung der Sicherheit erfolgen. Der Schutz der Wildtiere, insbesondere auch der Fledermäuse, soll durch Aufzeigen von Wildtierkorridoren im Richtplan berücksichtigt werden.

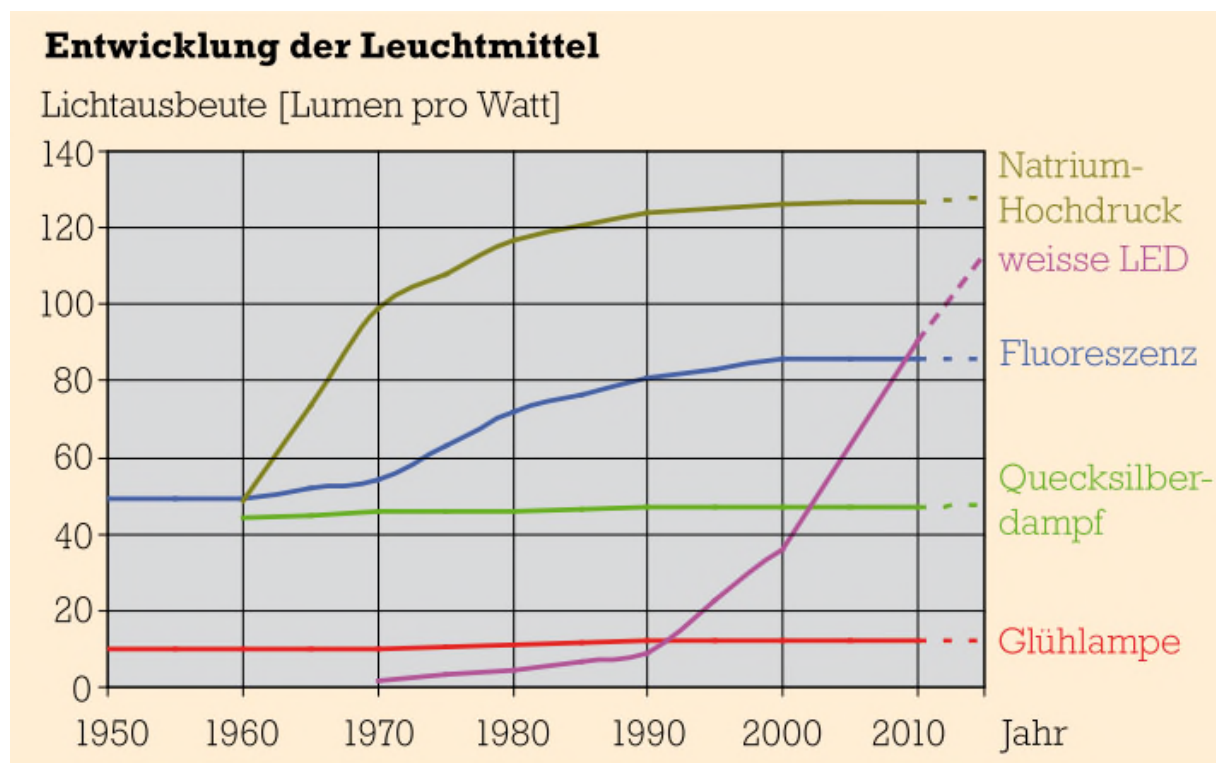
3.2 Fördermöglichkeiten

Fördermöglichkeiten für eine Erneuerung oder Sanierung der öffentlichen Beleuchtung beschränken sich derzeit auf die Programme „ProKilowatt“ vom Bundesamt für Energie sowie „EffeSTRADA“ des Fachverbandes der Beleuchtungsindustrie (FVB), mit dem energieeffiziente Leuchten bei Einhaltung definierter Bedingungen mit einem Betrag von 100 CHF pro Leuchte gefördert werden können.

4 Technische Grundlagen und Umwelteinwirkungen

4.1 Entwicklung Strassenbeleuchtung

Seit vielen Jahren werden Halogen-Metall- und Natriumhochdrucklampen als Leuchtmittel in der Strassenbeleuchtung eingesetzt und haben sich durch vergleichsweise niedrige Investitionskosten und gute Lichtausbeute bewährt. Hochleistungs-LED haben eine starke Entwicklung der Lichtausbeute hinter sich, die auch heute noch nicht abgeschlossen ist. Der sehr guten Energieeffizienz stehen die höheren Anschaffungskosten und wenig repräsentative Erfahrungen des langjährigen Betriebes entgegen. Die Lichtausbeute der LED erreicht heute bereits die Werte der Natriumhochdrucklampen. Der Hauptgrund für die höhere Energieeffizienz der LED liegt jedoch darin, dass der Anteil an Streulicht bei LED deutlich geringer als bei Natriumhochdrucklampen ist. In den nächsten Jahren ist eine weiter zunehmende Verwendung von LED in der Strassen- und Objektbeleuchtung zu erwarten.



Entwicklung verschiedener Leuchtmittel 1950-2011 (Quelle: http://www.energieeffizienz.ch/files/SB_Flyer_2009_d.pdf)

4.2 Moderne Technologien zur Strassen- und Objektbeleuchtung

Strassenbeleuchtung

Die derzeit wichtigsten aktuellen Beleuchtungstechnologien in der Strassenbeleuchtung sind Natriumhochdrucklampen und LED. Sie verfügen im Bereich Strassenbeleuchtung über die höchste Energieeffizienz.

Natriumhochdrucklampen

Natriumhochdrucklampen bestehen aus einem mit Natrium und einem Edelgas gefüllten Entladungsgefäss. Die Gasfüllung steht beim Betrieb der Lampe unter hohem Druck. Ca. vier Minuten nach dem Zünden ist genug Natrium in der Gasphase und die volle Helligkeit wird erreicht.

Der Typ „Tube“ ist eine Hochleistungsleuchte, die ab einer Leistung von ca. 50 W an Hauptstrassen, Kreuzungen und Konfliktzonen eingesetzt wird. Der Typ „Ellipsoid“ ist nicht so leistungsstark wie „Tube“ und wird hauptsächlich für Leuchten bis ca. 70 W in Quartierstrassen eingesetzt.

Vorteile:

- Sehr gute Lichtausbeute/Effizienz des Leuchtmittels
- Standardisiertes Leuchtmittel, daher Ersatz mittelfristig erhältlich
- Ersatz relativ günstig verfügbar

Nachteile:

- Schlechte Farbwiedergabe (orange-gelbes Licht)
- Dimmbarkeit stark eingeschränkt

LED

Eine Leuchtdiode (kurz LED; Englisch: «light-emitting diode») ist ein lichtemittierendes Halbleiterelement, dessen elektrische Eigenschaften einer Diode entsprechen. Fliesst durch die Diode elektrischer Strom, so strahlt sie Licht ab.

Vorteile:

- Sehr gute Lichtausbeute/Effizienz des Leuchtmittels
- Relativ insektenfreundlich
- Sehr lange Lebensdauer des Leuchtmittels (gemäss der Hersteller)
- Dimmbar
- Hohe Leuchtdichten
- Wenig Streuverluste
- Gute Farbwiedergabe

Nachteile:

- Höhere Anschaffungskosten
- Keine Erfahrungen zu den Angaben der Hersteller über die Lebensdauer
- Ersatzteilversorgung langfristig unklar, da keine Standardisierung der Leuchtkörper
- Viele kleine Anbieter ohne Erfahrung in der Straßenbeleuchtung auf dem Markt
- Beim Auswechseln muss der ganze Leuchtenkopf ersetzt werden
- Mögliche Blendwirkung
- Ressourcen: Spuren von Seltenen Erden werden für die Herstellung der LED verwendet

Vergleich Natriumhochdrucklampen und LED:

Lampe und Leuchte	Natriumhochdrucklampen	LED
Anschaffungskosten	mittel	hoch
Lichtausbeute	80 - 135 lm/W	100 - 130 lm/W
Lebensdauer	Leuchte 25 Jahre, Lampe 16'000 h (dann Ausfall ca. 5 %)	bis 60'000 Stunden
Lichtfarbe	gelblich	weiss
UV-Anteil im Licht	gering	gering
Leistungsreduktion, Dimmen	auf 50 % bis 70 %	0 % bis 100 %
Häufiges Ein- und Ausschalten	ungeeignet	sehr geeignet
Wartungsaufwand	gering	zur Zeit nicht abschätzbar
Wirtschaftlichkeit	wirtschaftlich	zur Zeit nicht abschätzbar

Lichtmanagement und -steuerung

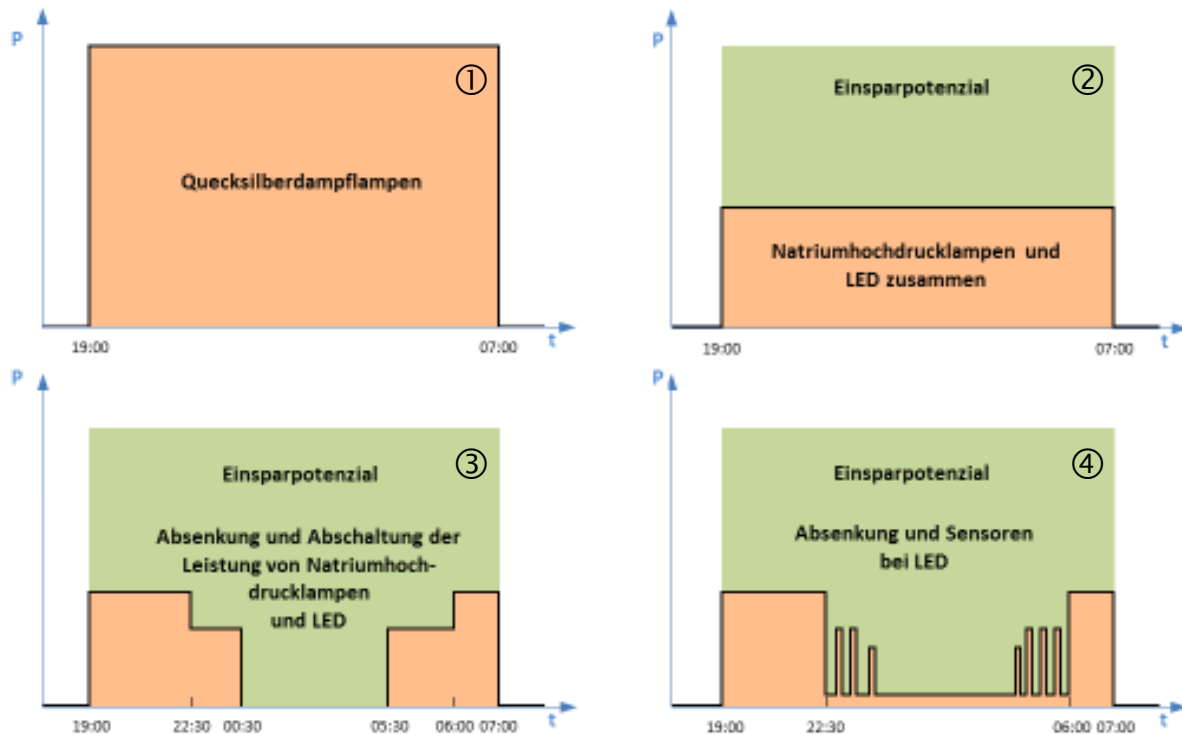
Bei einem Ersatz von Quecksilberdampflampen durch LED kann die Energieeffizienz insbesondere bei gleichzeitiger Verwendung eines Lichtmanagement-Systems auf ca. 70-85 % erhöht werden. Natriumhochdrucklampen lassen sich nur sehr beschränkt dimmen, können aber durch eine Absenkung ihrer Leistung auf 50-70 % ebenfalls massgeblich zur Reduzierung des Strombedarfs beitragen.

Beim Einsatz von Lichtmanagement bzw. -steuerung wird in verkehrsarmen Zeiten die Beleuchtung abgeschaltet oder das Beleuchtungsniveau abgesenkt. Die Uhrzeiten für die Leistungsreduktion des Lichts orientieren sich an der Jahreszeit sowie dem Verkehrsaufkommen und können zentral eingestellt werden. Alternativ und mit noch grösserem Einsparpotenzial kann die Steuerung der Beleuchtung durch Bewegungsmelder (Sensoren) erfolgen.

Die folgenden vier Grafiken zeigen das Einsparpotenzial von Natriumhochdrucklampen und LED gegenüber den Quecksilberdampflampen. In Grafik ② ist der Ersatz von Quecksilberdampflampen durch Natriumhochdrucklampen bzw. LED dargestellt. LED sind heute zwar energieeffizienter als Natriumhochdrucklampen, die Grafik ist aber als Summe aus beiden effizienten Technologien zu verstehen.

In Grafik ③ zeigt das Einsparpotenzial bei einer Absenkung Abschaltung der Leistung zu den angegebenen Zeiten. Diese Steuerung ist sowohl für Natriumhochdrucklampen als auch für LED anwendbar.

Die Grafik ④ zeigt die Möglichkeit der modernen LED, neben der Absenkung der Leistung (Dimmen) über ereignisgesteuerte Sensoren eine bedarfsgerechte Beleuchtung zu erreichen.



Objektbeleuchtung

Die wichtigsten Beleuchtungstechnologien in der Objektbeleuchtung waren bisher Halogen-Metaldampf-Hochdrucklampen und Kompaktleuchtstofflampen. Diese werden heute in den meisten Fällen durch LED ersetzt.

4.3 Energieeffizienzpotenzial zur Verringerung von Umwelteinwirkungen

Umwelteinwirkungen in der Öffentlichen Beleuchtung beziehen sich in der Regel auf den Anteil der Beleuchtung, welcher nicht als Nutzlicht dient, sondern den Nachthimmel und die Umgebung unnötig aufhellt. Ein weiterer Einflussfaktor auf die Umwelt ist die Beeinträchtigung von nachtaktiven Tieren wie Fledermäusen oder Insekten.

Die Lichtimmissionen haben nicht nur direkte sondern auch indirekte Umwelteinwirkungen, da unnötige Lichtanteile auch Energie benötigen. Auch auf den Menschen kann eine falsche Beleuchtung einen negativen Einfluss haben. Negative Umwelteinwirkungen der Strassen- und Objektbeleuchtung lassen sich durch verschiedene Massnahmen in der Planung und Realisierung vermindern.

Lichtplanung

Die Frage der Energieeffizienz bei der Strassen- und Objektbeleuchtung ist eng mit dem Natur- und Umweltschutz verbunden. Basierend auf der Natur- und Umweltschutzgesetzgebung, dem kantonalen Richtplan und bestehenden Normen sind Beleuchtungen im Aussenraum so zu planen und zu betreiben, dass sie für Mensch und Natur weder lästig noch schädlich sind. Zudem kann eine Beleuchtung nur dann wirklich energieeffizient sein, wenn sich ihre Wirkung auf die auszuleuchtenden Bereiche beschränkt und möglichst wenig Streuverluste erzeugt. Um diese Anforderungen zu erfüllen, ist bei der

Neuerstellung und Sanierung von Beleuchtungsanlagen stets eine sorgfältige, an den aktuellen Vorgaben ausgerichtete Planung erforderlich. Im Anhang 8.3 sind aktuelle Richtwerte für die Beschaffung von Beleuchtungsanlagen aufgelistet.

In und um sensible Naturlebensräume ist eine besonders sorgfältige und rücksichtsvolle Planung erforderlich, so dass eine mögliche Beeinträchtigung durch Lichtemissionen verhindert bzw. Beeinträchtigungen so gering gehalten werden, dass die Schutzziele nicht gefährdet werden. Insbesondere sind die folgenden Bereiche zu berücksichtigen:

- Bereiche entlang und über Gewässern
- Gebiete in Wäldern oder entlang von Waldrändern
- Naturschutzgebiete und Naturschutzzonen
- Wildtierkorridore
- Objekte mit Fledermausquartieren und deren unmittelbare Umgebung

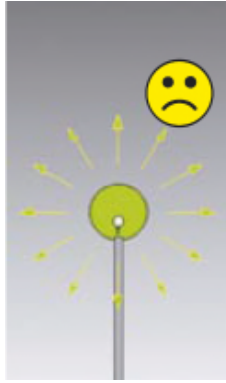
Eine Zusammenarbeit mit den für den Natur- und Umweltschutz zuständigen kantonalen und kommunalen Fachstellen ist in einem möglichst frühen Planungsstadium unerlässlich (Adressen siehe Anhang 8.2). Der Kanton beabsichtigt, sensible Naturlebensräume wie zum Beispiel Wildtierkorridore und Fledermausquartiere im GIS des Kantons Schaffhausen abzubilden.

Bei der Planung einer Beleuchtungsanlage sollte zunächst die Frage gestellt werden, ob es die Beleuchtungsanlage tatsächlich braucht, beispielsweise ausserhalb von bewohntem Gebiet. Die einfachste und kostengünstigste Möglichkeit, unerwünschte Lichtimmissionen zu reduzieren ist, nicht zu beleuchten beziehungsweise die Beleuchtung zu einer bestimmten Zeit abzuschalten. Da Licht aber auch einen wichtigen Einfluss auf unsere Kultur, das Sicherheitsgefühl und den Lebenskomfort hat, steht diese Massnahme oft im Gegensatz zu anderen Interessen. Die Antwort auf diese Frage ist in erster Linie eine politische. Hier gilt es einen sinnvollen Interessenausgleich zu finden. Durch Anpassung der Einschaltzeiten und Einsatz von zeit- oder ereignisbasierter Lichtsteuerungen (siehe Kap. 4.2.1) ist eine weitere Verminderung der Lichtverschmutzung möglich.

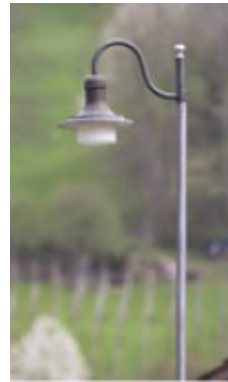
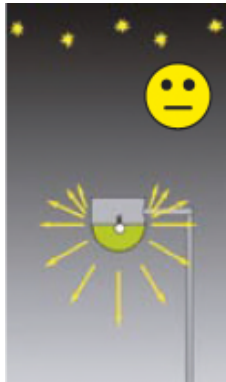
Ziel der Lichtplanung ist es, die Ausleuchtung exakt zu berechnen, eine Überbeleuchtung soll durch die Wahl optimaler Leuchten vermieden werden. Hier gilt es, die örtliche Struktur zu berücksichtigen. Eine rundum strahlende Leuchte beispielsweise, welche im ländlichen Bereich einen hohen Anteil unerwünschtes Licht abgibt, kann in bestimmten städtischen Zonen durchaus erwünscht sein, um die Umgebung angemessen auszuleuchten oder eine Gesichtserkennung von Personen zu ermöglichen.

Moderne Leuchten strahlen ihr Licht nur nach unten ab. Durch die Begrenzung des Abstrahlwinkels von Strassenleuchten werden Lichtausbeute und Lichtverteilung optimiert, was die Belastung der Umwelt reduziert und die Effizienz erhöht.

Leuchte ohne Abschirmung, strahlt undifferenziert in alle Richtungen.



Leuchte mit nur ungenügender Teilabschirmung, mit Restlicht himmelwärts.



Leuchte mit guter Abschirmung, beleuchtet nur Zielobjekte, ohne Restlicht himmelwärts.



Quelle: Empfehlungen zur Vermeidung von Lichtemissionen Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, BUWAL, Bern, 2005

Insektenschutz

Um nachtaktive Insekten zu schützen, sind Leuchten hinsichtlich ihrer Abstrahlcharakteristik so auszuwählen, dass sie eine möglichst geringe seitliche Anlockwirkung auf Insekten entfalten.

Dies ist beispielsweise mit LED-Leuchten, aber auch mit herkömmlichen Leuchten mit Flachgläsern zu erreichen.

Zudem kann durch die Auswahl von Leuchtmitteln mit reduziertem bläulichen Spektrum die Anlockwirkung nochmals deutlich reduziert werden. Auch aus diesem Grund empfiehlt es sich, Leuchten, welche noch mit Quecksilberdampf lampen betrieben werden, möglichst zeitnah zu ersetzen. Studien zeigen, dass „warmweisse“ Leuchten $\leq 3'000$ K mit höherem

Gelbanteil eine reduzierte Anlockwirkung gegenüber neutral- und kaltweissen Leuchten aufweisen.

Schutz von Fledermäusen

Eine neue Studie zum Schutz von Fledermäusen im Kanton Zürich zeigte, dass neben baulichen und strukturellen Veränderungen auch die Beleuchtung einen Einfluss auf Fledermauspopulationen hat. Eine hohe Lichtpunkt-Dichte im Einzugsbereich der Quartiere führt zu Orientierungsschwierigkeiten.

Es gibt Arten, welche die Beleuchtung zu ihren Gunsten für die nächtliche Jagd nutzen. Andere Arten werden der Studie nach durch zu viele Leuchten in ihrem Verhalten beeinträchtigt.

Die gezielte Realisierung von Dunkelkorridoren ist eine Empfehlung zum Schutz von Fledermäusen. Voraussetzung hierfür ist eine Erfassung der Bestände und Lebensräume und eine Berücksichtigung dieser im Rahmen der Lichtplanung (Massnahme 4: Schaffung von Planungsgrundlagen).

Schutz von Zugvögeln

Auch Zugvögel können durch die Öffentliche Beleuchtung beeinträchtigt werden. Dies geschieht teilweise bei diffusen Lichtverhältnissen wie beispielsweise Nebel, wo Zugvögel durch die Mischung von Nebel und Streulicht die Orientierung verlieren und durch Erschöpfung oder Kollisionen verenden.

Zugvögel profitieren somit insgesamt von einer Reduktion des nach oben abgestrahlten Streulichts.

Fazit Umweltschutz

Um die Öffentliche Beleuchtung so zu gestalten, dass sie einen möglichst geringen Einfluss auf die Umwelt hat, gibt es klare Erkenntnisse und Regeln, welche im Rahmen von Lichtplanungen standardmässig berücksichtigt werden sollten:

- Nur da beleuchten wo nötig
- Nicht überbeleuchten
- Flache Optiken einsetzen
- Wo möglich Masthöhen reduzieren
- Bläuliche Lichtspektren reduzieren
- Licht (wo möglich) nachts ausschalten

Entsorgung der Leuchten

Viele heute eingesetzte Leuchtmittel enthalten Quecksilber. Für die Entsorgung von Leuchtmittel gibt es ein funktionierendes Recycling- und Rücknahmesystem.

Die Elektrizitätswerke im Kanton Schaffhausen als Dienstleister für die Gemeinden stellen heute sicher, dass Leuchten und Leuchtmittel sachgerecht entsorgt werden.

4.4 Energieeffizienz vs. Umweltschutz

Zwischen Energieeffizienz und Umweltschutz bestehen in der Regel keine Interessenkonflikte. Eine moderne energieeffiziente Beleuchtung wird heute so geplant, dass auch Umweltschutzaspekte wie der Schutz von nachtaktiven Lebewesen oder die Reduktion einer Aufhellung des Nachthimmels und der Umgebung möglichst gut berücksichtigt werden.

Ein Gesichtspunkt, bei dem zwischen Energieeffizienz und Umweltaspekten unterschieden werden muss, ist der Einsatz von warmweisser Beleuchtung mit einer Farbtemperatur um 3000 K. Diese hat für das menschliche Empfinden eine angenehmere Wirkung als die häufiger verwendete Farbtemperatur um 4000 K, ist aber je nach Ausführung und Hersteller zwischen 10-20 % weniger effizient.

4.5 Anforderungen an Beschaffung, Installation und Betrieb

Aus den planerischen Anforderungen und technischen Möglichkeiten lassen sich konkrete Anforderungen für Beschaffung, Installation und Betrieb der Strassen- und Objektbeleuchtung festlegen. Diese sind im Anhang 8.3 auf Basis aktueller, praxisorientierter Werte und nach heutigem Stand der Technik definiert und als empfohlene Richtwerte zu verstehen.

4.6 Kosten

Die Stromkosten für die Strassen- und Objektbeleuchtung sind ein Teil der Gesamtstromkosten der Gemeinde für öffentliche Einrichtungen. Aus vier Gemeinden im Kanton Schaffhausen wurde von der EKS AG der Stromverbrauch für die öffentlichen Einrichtungen exemplarisch ermittelt. Der Anteil der Kosten für die Strassen- und Objektbeleuchtung an den Gesamtstromkosten der Gemeinde für öffentliche Einrichtungen bewegt sich dabei in einem Bereich von ca. 10-15 %.

Die Kosten für die Strassen- und Objektbeleuchtung setzen sich zusammen aus:

- Investitionskosten
- Energiekosten
- Kosten für Wartung und Unterhalt

Die Sanierung der Strassenbeleuchtung bringt vor allem langfristig eine Entlastung des Gemeinde-Haushalts mit sich, verursacht jedoch zunächst Kosten durch die notwendigen Investitionen.

Eine Umstellung von Quecksilberdampflampen auf moderne Beleuchtungstechnologien kann zu einer Reduktion der jährlichen Stromrechnung um ca. 70 % - 85 % führen.

Unter Berücksichtigung der finanziellen Lage der Gemeinden bieten sich eine etappierte und finanzverträgliche Projektplanung und -umsetzung an. Die Elektrizitätswerke bieten eine Beratung dazu an.

5 Bestandsaufnahme

5.1 Abgrenzungen und Zuständigkeiten in der öffentlichen Strassen- und Objektbeleuchtung

Für die Strassen- und Objektbeleuchtung im öffentlichen Raum bestehen im Kanton Schaffhausen folgende Zuständigkeiten:

- Bund:** Nationalstrassen und -Tunnel gemäss Bundesgesetz über die Nationalstrassen (NSG)
- Kanton:** Kantonsstrassen werden gemäss Strassengesetz innerhalb der Bauzone von den Gemeinden beleuchtet, sofern ein öffentliches Bedürfnis dazu besteht. Der Kanton Schaffhausen selbst betreibt mit Ausnahme des Tunnels Hemishofen keine Beleuchtung.
- Gemeinden:** Betrieb und Unterhalt von Strassen obliegen gemäss Strassengesetz, unter Berücksichtigung der o.g. Regelungen, den Strasseneigentümern. D.h. Gemeinden sind für die Strassenbeleuchtung auf ihren Strassen und Wegen, mit Ausnahme der Nationalstrassen und -Tunnel, zuständig. Gemeinden sind für die Objektbeleuchtung zuständig, sofern sie im Auftrag der Gemeinde betrieben wird.

Der Untersuchungsumfang dieses Konzeptes umfasst die Strassen- und Objektbeleuchtungen im öffentlichen Raum mit Ausnahme der vom Bund verwalteten Strassen. Die Gemeinden haben die Aufgaben für Betrieb und Unterhalt grösstenteils den drei Elektrizitätswerken EKS AG, SH Power und EW Hallau übertragen.

5.2 Beurteilung Datenbasis

Im Rahmen der Bestandsaufnahme wurden die von den Elektrizitätswerken EKS AG, SH Power und EW Hallau zur Verfügung gestellten Daten der teilnehmenden Gemeinden zur Strassen- und Objektbeleuchtung zusammengefasst. Die Gemeinden Hemishofen und Trasadingen haben ihre Daten nicht für die Untersuchungen zum Konzept freigegeben. Für die Gemeinden Stetten, Lohn und Dörflingen liegen die Daten nicht vollständig vor, die Daten werden daher nicht verwendet. Der Grund dafür ist, dass die Strassen- und Objektbeleuchtung durch ortsansässige Unternehmen betreut wird und die Daten zur Strassen- und Objektbeleuchtung nicht im benötigten Umfang zugänglich waren. Für die Ermittlung des Energieeffizienzpotenzials für den gesamten Kanton Schaffhausen wurden die Daten der fünf Gemeinden auf Basis der Daten der anderen 21 Gemeinden im Kanton Schaffhausen hochgerechnet.

Für eine erste Potenzialabschätzung bietet sich der Vergleich des eigenen Stromverbrauchs mit dem von Gemeinden ähnlicher Grösse an. Als Ergebnis der Bestandsaufnahme sollte deshalb ursprünglich der Stromverbrauch in Megawattstunden pro Kilometer beleuchteter Strasse und Jahr (MWh/km pro Jahr) angegeben werden. Die Anzahl der beleuchteten Strassenkilometer ist jedoch nicht bei allen drei EWs erfasst und konnte somit nicht für eine Auswertung verwendet werden.

Die Ermittlung der beleuchteten Strassenkilometer inklusive der jeweiligen standortabhängigen Anforderungen an die Beleuchtung kann als Planungsgrundlage für verschiedenste Baumassnahmen sehr hilfreich sein.

Qualität der Daten zur Strassenbeleuchtung

Die erhaltenen Daten der drei EW lassen Rückschlüsse auf das Energieeffizienzpotenzial der Strassenbeleuchtung zu. Auch ist es möglich, anhand der eingesetzten Leuchtmittel und Leuchten-Bauformen, Rückschlüsse auf Umweltschutzaspekte wie beispielsweise Lichtimmissionen und Insektenschutz zu ziehen. Für eine konkrete Bewertung des Energieeffizienzpotenzials einzelner Anlagen bedarf es einer detaillierten Klassifizierung und Lichtplanung. Auf dieser Basis kann konkret das Energieeffizienzpotenzial einer Anlage ermittelt werden.

Die Einschaltzeiten der Beleuchtung wurden für die Auswertung normiert, um für dieses Konzept vergleichbare Ergebnisse zu erzielen. Eine Erfassung und Auswertung der effektiven Werte der einzelnen Gemeinden wäre mit einem unverhältnismässig hohen Aufwand verbunden. Die Reduktionsschaltungen der Lasten und des Stromverbrauches basieren deshalb auf einer kalkulatorischen Grundlage (Ganznacht 4'000 Stunden, Halbnacht 2'500 Stunden).

Das Alter sowie der Zustand der Leuchten im Kanton Schaffhausen sind aus den erhaltenen Daten nicht ersichtlich. Somit kann auf dieser Basis keine konkrete Aussage über Notwendigkeit und Zeitraum der Erneuerung der restlichen Leuchten gemacht werden.

258 von gesamt 11'000 Leuchten mussten als undefiniert deklariert werden, da hier Angaben zu den Leuchtmitteln fehlten. Sie wurden nicht in der Auswertung berücksichtigt.

Qualität der Daten zur Objektbeleuchtung

Zu den Objektbeleuchtungen können auf Basis der vorhandenen Daten keine verlässlichen Aussagen zum Energieeffizienzpotenzial und zu Umweltschutzaspekten getroffen werden. Die Objektbeleuchtung wird von den Gemeinden oft in Eigenregie mit örtlichen Unternehmen realisiert, daher sind die Daten nur teilweise bei den drei Elektrizitätswerken erfasst bzw. nicht entsprechend deklariert.

Um konkrete Aussagen zur Objektbeleuchtung machen zu können, bedarf es einer Bestandsaufnahme sowie einer klaren Zuordnung der Daten zu entsprechenden Objekten. Auf dieser Basis kann überprüft werden, wie effizient die Objektbeleuchtungen sind und wie diese hinsichtlich Energieeffizienz und Umweltschutz optimiert werden können.

5.3 Aktivitäten bis heute

Die drei Elektrizitätswerke im Kanton Schaffhausen stehen mit den Gemeinden in ihrem Einzugsgebiet in engem Kontakt, beraten zur öffentlichen Beleuchtung und insbesondere zur Sanierung der ineffizienten Quecksilberdampfleuchten.

Da ab dem Jahr 2015 das Inverkehrbringen von Quecksilberleuchtmitteln gesetzlich verboten ist, besteht konkreter Handlungsbedarf in den Gemeinden, diese zu ersetzen. Viele Gemeinden haben die Sanierung der ÖB frühzeitig vorangetrieben. Einige Gemeinden haben aus verschiedenen, hauptsächlich monetären Gründen, eine Umstellung auf energieeffiziente Strassen- und Objektbeleuchtung bisher nur teilweise vornehmen können.

In den letzten Jahren wurden von den Gemeinden im Kanton Schaffhausen zum Teil bereits erhebliche Anstrengungen zur Sanierung von ineffizienten Leuchten unternommen, insgesamt in einem Umfang von:

2011: 992'000 CHF

2012: 723'000 CHF

2013: 1'001'000 CHF

Dies entspricht einem Total von rund CHF 2.7 Mio.

Elektrizitätswerk des Kantons Schaffhausen AG (EKS AG)

Die EKS AG hat bis auf fünf Gemeinden mit allen Kommunen in ihrem Verantwortungsgebiet einen Vertrag für die Wartung und Instandhaltung der öffentlichen Beleuchtung, den sogenannten Check- bzw. Check-Plus-Vertrag abgeschlossen. Neben den gesetzlich vorgeschriebenen Aufgaben erhalten die Gemeinden jeweils nach dem fünften Jahr einen umfassenden Zustandsbericht mit einem Sanierungskonzept für veraltete Leuchten.

Pilotprojekt Beringen (Auszug aus Medienmitteilung EKS 15. April 2013):

Das Elektrizitätswerk des Kantons Schaffhausen AG (EKS AG) hat im Mühleweg Beringen eine innovative Lichtlösung als Pilotprojekt installiert. Dieses erfüllt dreierlei: Maximale Sicherheit für Verkehrsteilnehmer, bestmöglicher Schutz von Natur und nächtlicher Atmosphäre sowie maximale Energieeffizienz.

Das moderne System besticht durch geringes Streulicht bei gleichbleibender Sicherheit, sorgt also für Licht nur, wo und wann es benötigt wird. Durch die intelligente Aufnahme von Umgebungsdaten regelt es die Beleuchtung auf maximale Helligkeit, sobald eine Aktivität festgestellt wird, bzw. auf eine sehr niedrige Stufe, wenn keine Bewegungen erfasst werden. Die Erfassung der Bewegungen geschieht durch einen optischen Sensor, der so eingestellt werden kann, dass Kleintiere ab einer bestimmten Grösse nicht erfasst werden. Auf diese Weise lassen sich bei gleichbleibender Sicherheit auf der Strasse grosse Energieeinsparungen realisieren.

Neben dem energietechnischen Aspekt wird auch eine Verminderung der Lichtemissionen erzielt, was im Mühleweg in Beringen unter anderem der Fledermauskolonie zugute kommt, die sich im Dachstock des Schulhauses eingenistet hat. Projektleiter Markus Wetter hebt die grosse Energieersparnis hervor: "Noch vor kurzem wären an dieser Stelle Leuchtmittel mit einer Systemleistung von 63 Watt installiert worden. Die neue Lösung bringt 70 % Energieersparnis im Vergleich zur herkömmlichen Beleuchtung. Davon entfallen 50 % der Ersparnis auf die LED-Technologie und 20 % resultieren aus der bewegungsabhängigen Steuerung."

SH Power

Mitte 2007 wurde vom Stadtrat das neue Lichtkonzept der Stadt Schaffhausen genehmigt. Als erste Massnahme wurden auf dieser Grundlage die rund 600 vorhandenen Park- und Wegleuchten, die als Kugelleuchten besonders zur Lichtverschmutzung beitragen, durch effiziente und nach unten strahlende Natriumdampfleuchten ersetzt. Das laufende Projekt der Auswechslung von Quecksilberdampfleuchten gegen Natriumdampfleuchten in der Strassenbeleuchtung wurde intensiviert. Ebenso das Teilabschalten von einzelnen Leuchten nach Mitternacht.

In der Stadt Schaffhausen gibt es derzeit keine Strassenleuchten mehr mit Quecksilberdampfleuchtmitteln. Lediglich bei den Einbauleuchten in Unterführungen und

Durchgängen sind noch 160 Quecksilberdampfleuchtmittel im Einsatz. Die Energiesparmassnahme durch Leistungsreduktion nach Mitternacht bei grossen Leuchtmittleistungen sowie die Abschaltung einzelner Leuchten wurde abgeschlossen. Mit dem im Jahr 2007 gestarteten Lichtkonzept bzw. den umgesetzten Massnahmen konnte der Energieverbrauch der öffentlichen Beleuchtung der Stadt Schaffhausen um 16 % gesenkt werden.

In der Stadt Schaffhausen werden nur Leuchtmittel mit einer Farbtemperatur von ≤ 3000 Kelvin eingesetzt. Dies aus Gründen wie warmes Licht, weniger Blendung und geringere Anziehung von Insekten.

EW Hallau

Im Netzgebiet der Gemeinde Hallau sind in den letzten Jahren über 10 % der Quecksilberdampflampen durch LED-Leuchten ersetzt worden.

6 Auswertung und Ermittlung des Energieeffizienzpotenzials

6.1 Grundsätzliches

Die in den folgenden Kapiteln mit der Überschrift **Theoretisches Energieeffizienzpotenzial** beschriebenen Potenziale zeigen das derzeit theoretisch mögliche Maximum zur Erhöhung der Energieeffizienz auf. Die Wirtschaftlichkeit wird dabei nicht berücksichtigt und muss jeweils individuell und an den Standort angepasst ermittelt werden.

Ob man das theoretische Energieeffizienzpotenzial erreicht, ist in erster Linie davon abhängig, wieviel man bereit ist, dafür zu investieren und ob auch unwirtschaftliche Massnahmen realisiert werden.

Im **Wirtschaftlichen Energieeffizienzpotenzial** wird aufgezeigt, welche Massnahmen aus heutiger Sicht realistisch umsetzbar sind.

6.2 Energieeffizienzpotenzial Erneuerung Beleuchtungskörper und Leuchtmittel

Bestand

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über den aktuellen Bestand der öffentlichen Beleuchtung im Kanton Schaffhausen.

Leuchtentyp	Energieeffizient ¹⁾	Anzahl in Stück	Anteil in %	Energieverbrauch in kWh/a ²⁾	Anteil am Energieverbrauch in %
Glühlampen	Nein	40	0.3	8'800	0.3
Mischlicht	Nein	15	0.2	7'700	0.2
Quecksilberdampflampen	Nein	1190	11	320'000	11
Gaslampen	Nein	26	0.3	142'000	5
Kompaktparlampen	Ja	250	2	16'000	0.5
Fluoreszenzlampen	Ja	290	3	34'000	1
Metalldampflampen	Ja	300	2.8	62'000	2
Natriumdampf Austausch/ FLX	Ja	50	0.4	16'000	0.5
Natriumdampf Ellipsoid	Ja	4'750	43	835'000	27
Natriumdampf Tube	Ja	3'660	33	1'545'500	50.5
LED	Ja	430	4	53'000	2
Total ca.		11'000	100	3'040'000	100

1) Als effizient gelten Leuchtmittel in der Strassenbeleuchtung, wenn Lichtausbeute > 80 lm/W und wenn das Licht mit möglichst wenig Verlusten auf die zu beleuchtenden Flächen gebracht wird. Für die Objektbeleuchtung gelten Kompaktparlampen heute als effizient, werden aber zunehmend von LEDs abgelöst.

2) Energieverbrauch der im Kanton Schaffhausen verwendeten Leuchtentypen (hochgerechnet) unter Berücksichtigung von Ganznacht-, Halbnacht- und reduziertem Betrieb.

Die EKS AG hat bis zum Ende des Jahres 2014 hauptsächlich im Rahmen der Errichtung neuer Beleuchtungsanlagen weitere 50 LED's installiert, die nicht mehr in die Bewertung einfließen konnten.

Theoretisches Energieeffizienzpotenzial

Die Auswertung der erhaltenen Daten zur Strassen- und Objektbeleuchtung ergibt für die Erneuerung der Beleuchtungskörper und Leuchtmittel ein theoretisches Energieeffizienzpotenzial in Höhe von bis zu 58 %. Grundlage für diese Einschätzung ist die Wahl eines adäquaten Ersatzes für jeden eingesetzten Leuchtentyp auf Basis von Erfahrungswerten.

Da im Rahmen der Erstellung des Konzeptes der Soll-Zustand nicht vor Ort erhoben wurde, wurden als Grundlage Erfahrungswerte aus vergleichbaren Situationen herangezogen. Für alle im Kanton Schaffhausen eingesetzten Lichtquellen erfolgte auf Basis der Bestandsdaten eine Einschätzung, wie man diese heute mit den effizientesten Leuchten und Technologien ersetzen kann. Die Wirtschaftlichkeit wurde dabei nicht berücksichtigt. Ein Teil der Einsparung kommt daher, dass man bei einer Planung mit neuen Beleuchtungstechnologien das Licht exakter lenken und unnötiges Licht reduzieren kann. Dies hat auch einen positiven Effekt auf die unerwünschten Lichtimmissionen. Des Weiteren wurde der Energieverbrauch der Vorschaltgeräte bei der Ermittlung des Energieeffizienzpotenzials berücksichtigt.

Um das Energieeffizienzpotenzial für eine Anlage konkret zu bestimmen, benötigt es als Voraussetzung eine Klassifizierung der Strasse gemäss den gültigen Anforderungen und auf dieser Basis eine detaillierte Lichtplanung. Im Rahmen dieser Lichtplanung ergibt sich dann auch das konkrete Energieeffizienzpotenzial.

Wirtschaftliches Energieeffizienzpotenzial

Die Analyse der kantonalen Daten zu den Leuchtmitteltechnologien ergibt eine Anzahl von ca. 1'270 Leuchten (12 %), welche aufgrund ihrer mangelhaften Energieeffizienz umgehend ersetzt werden sollten. Hierzu zählen Glühlampen, Quecksilberdampflampen und Mischlichtlampen. Für diese Leuchtmittel (mit Ausnahme Teilkomponenten von Mischlicht) gibt es auch keine Ersatzleuchtmittel mehr, da diese aufgrund mangelnder Effizienz nicht mehr in Verkehr gebracht werden dürfen. Ein adäquater Ersatz des Leuchtmittels selbst ist hierbei in den meisten Fällen nicht möglich, sodass in der Regel der ganze Leuchtenkopf ersetzt werden muss. Ein Austausch dieser Leuchtmittel und Leuchten würde sich alleine aufgrund der möglichen Energieeinsparung amortisieren.

Die 26 in der Stadt Schaffhausen in Betrieb befindlichen, historisierenden Gaslaternen sind in den 1'270 ineffizienten Leuchten ebenfalls enthalten. Sie sind aus Energiesicht sehr ineffizient und müssen durch effiziente Beleuchtung ersetzt werden. Für jede einzelne Laterne muss mit einem Energiebedarf von ca. 5'480 kWh/a gerechnet werden, was dem 30-fachen Energiebedarf einer modernen LED- Leuchte entspricht. Die Treibhausgasemissionen werden mit der Umstellung von Gaslaternen auf LED um ca. 1'300 kg/a reduziert.

Durch einen Ersatz der ineffizienten Strassen- und Objektbeleuchtung im Kanton Schaffhausen durch moderne Leuchten lässt sich deren Energiebedarf um ca. 360'000

kWh/a (12 %) senken. Alle anderen Leuchten verfügen grundsätzlich über energieeffiziente Leuchtmittel. Durch gezielte Optimierung und Anpassung sind aber auch hier grosse Einsparungen zu erzielen, wie die Ermittlung des theoretischen Energieeffizienzpotentials zeigt.

Geht man von einer Lebensdauer der Leuchten von 25 Jahren aus und davon, dass das Alter der Leuchten homogen verteilt ist, so kann man als grobe Annahme treffen, dass jährlich 4 % aller Leuchten ersetzt werden müssen.

6.3 Energieeffizienzpotenzial Lichtsteuerungen/Lichtmanagementsysteme

Theoretisches Energieeffizienzpotenzial

Das Betriebsszenario einer öffentlichen Beleuchtung ist neben der eingesetzten Lichttechnik der entscheidende Einflussfaktor für die Energieeffizienz einer Öffentlichen Beleuchtungsanlage.

Unter den Oberbegriffen Lichtsteuerung oder Lichtmanagement gibt es verschiedene Aspekte, Einflussfaktoren und technische Möglichkeiten, welchen auch unterschiedliche rechtliche und technische Einflussfaktoren zugrunde liegen. Diese lassen sich in folgende Bereiche einteilen:

a) Energieeffizienzpotenzial Einschaltung der öffentlichen Beleuchtung per Fozelle (Dämmerungsschaltung)

Der Einschaltzeitpunkt der Öffentlichen Beleuchtung abends sowie der Ausschaltzeitpunkt morgens wird in der Regel mit einer Dämmerungsschaltung ermittelt. Eine zentrale Fozelle misst hierfür permanent die Helligkeit und gibt beim Unterschreiten einer festgelegten Schwelle das Signal, die Anlage einzuschalten. Am Morgen ist es umgekehrt, wird die Schwelle überschritten, schaltet das Licht wieder aus.

Ist diese Schwelle zu hoch angesetzt, schaltet das Licht zu früh ein und hat somit einen wesentlichen Anteil am Energieverbrauch. Ist diese Schwelle zu niedrig angesetzt, schaltet das Licht zu spät ein, was in der heiklen Dämmerungsphase ein Sicherheitsrisiko darstellt.

Eine Optimierung der Einschaltsschwellen ist teilweise möglich und hat den Vorteil, ohne grossen Aufwand eine Energieeinsparung über alle Anlagen zu bringen. Allerdings darf hieraus kein Sicherheitsrisiko entstehen.

Eine detaillierte Analyse des Ist-Zustandes im Kanton Schaffhausen würde Aufschluss über das konkrete Energieeffizienzpotenzial geben.

Energieeffizienzpotenzial: 0 - 7 %

Grundlage: Wenn die Beleuchtung zu früh ein- und zu spät ausschaltet, liegt das Einsparpotenzial bei ca. 7 %.

b) Energieeffizienzpotenzial Einschaltzeiten der öffentlichen Beleuchtung

Während der Einschaltzeitpunkt der Öffentlichen Beleuchtung über die Dämmerungsschaltung gesteuert wird, liegen die Einschaltdauer nachts und der

Einschaltzeitpunkt morgens in der Entscheidung der Eigentümer, also Gemeinden, Kanton oder Bund.

Hierbei spielen nicht nur Themen wie Energie und Kosten eine Rolle, sondern auch lokale Gegebenheiten (z. B. Bahnhof, Zentrum), Struktur (ländlich, städtisch) und das Sicherheitsbedürfnis der Bewohner.

Energieeffizienzpotenzial: ca. 33 %

Grundlage: Eine Umstellung der Beleuchtung von Ganznacht auf Halbnacht (01:00 - 05:00 aus) ergibt eine Reduktion der Betriebsstundenzahl von rund einem Drittel (Empfehlung: 00:30 - 05:30 Uhr).

c) Energieeffizienzpotenzial Reduktion/Dimmung der öffentlichen Beleuchtung (ereignisgesteuert)

Eine Reduktion/Dimmung der Öffentlichen Beleuchtung ist mit den heutigen Technologien auf unterschiedliche Art und Weise technisch lösbar. Grundsätzlich ist zwischen zwei Arten von Systemen zu unterscheiden: zeitgesteuerte und ereignisgesteuerte Dimmsysteme.

Bei ereignisgesteuerten Dimmsystemen brennt das Licht permanent auf reduzierter Leistung und regelt es immer dann auf das volle Niveau, wenn sich ein Verkehrsteilnehmer nähert. So ist gewährleistet, dass die Beleuchtungsanforderungen eingehalten werden.

Das Energieeffizienzpotenzial einer solchen Steuerung ist abhängig von der Frequenz der Nutzung der betrachteten Verkehrsflächen und der Einstellung des Grundniveaus. Das theoretische Energieeffizienzpotenzial liegt im Bereich zwischen 10 % und 90 %, wobei 90 % nur in Ausnahmefällen zu erreichen sind.

Um zu prüfen, wo der Einsatz einer solchen Steuerung Sinn macht, bedarf es einer tiefergehenden Analyse von Verkehrsströmen und einer individuellen Kosten-/Nutzenrechnung. Zu berücksichtigen sind jeweils auch die negativen Auswirkungen, die wiederkehrenden Schaltzyklen von dynamischem Licht auf Mensch und Umwelt haben können. Innerhalb des Siedlungsgebietes empfiehlt es sich deshalb, den Einsatz und die Auswirkungen einer solchen Steuerung sehr bewusst zu prüfen.

Ausserhalb von Ortschaften oder im Bereich von Industriezonen gibt es sehr gute Beispiele und Erfahrungen.

Energieeffizienzpotenzial: 10 - 90 %

Grundlage: Minimum/Maximum-Abschätzung, abhängig von Grundniveau und Verkehr

d) Energieeffizienzpotenzial Reduktion/Dimmung der öffentlichen Beleuchtung (zeitgesteuert)

Im Gegensatz zu einer ereignisgesteuerten Dimmung erfolgt eine zeitgesteuerte Dimmung unabhängig davon, ob viel oder kein Verkehr auf einer Strecke zu verzeichnen ist. Dies könnte dazu führen, dass bei hohem Verkehrsaufkommen eine nur unzureichende Beleuchtung von Verkehrswegen erfolgt.

Aufgrund der heutigen Normenlage ist eine rein zeitabhängige Reduktion des Lichts deshalb nur in einem sehr eingeschränkten Rahmen möglich. Dies ist stark von der jeweiligen

Situation vor Ort abhängig und muss im Einzelfall geprüft werden. Mit der voraussichtlich im Herbst 2015 revidierten Norm SN EN 13201 sind in diesem Bereich Änderungen zu erwarten.

Energieeffizienzpotenzial: 0 - 50 %

Grundlage: Aktuelle Regeln und Praxislösungen

Wirtschaftliches Energieeffizienzpotenzial Lichtsteuerungen/Lichtmanagement-systeme

Die Halbnachtschaltung wird aktuell im Kanton Schaffhausen bei ca. 50 % der Strassenbeleuchtung eingesetzt. An den Standorten, an denen in der Regel von 01:00 Uhr bis 05:00 Uhr die Leuchten abgeschaltet werden, wird der Stromverbrauch im Vergleich zur Ganznachtschaltung auf ca. 60 % reduziert. Im ganzen Kanton werden damit bereits ca. 580'000 kWh/a Strom gespart. Bei 10 % der Leuchten im Kanton Schaffhausen werden mit einer Absenkung auf 2/3 der Leistung nochmals ca. 63'000 kWh/a gespart.

Durch weitere Umstellung von Ganznacht- auf Halbnachtschaltung an geeigneten Standorten könnte kurzfristig der Energiebedarf um ca. 300'000 kWh/a (10 %) und damit die Energiekosten um ca. 55'000 CHF/a gesenkt werden. Die Möglichkeiten zur ereignis- oder zeitgesteuerten Reduktion des Energiebedarfs sind stark standortabhängig, müssen individuell geprüft werden und können zur weiteren Reduktion des Energiebedarfs beitragen.

Inwieweit die theoretischen Energieeffizienzpotenziale tatsächlich realisiert werden können, hängt unter anderem davon ab, wie die heutige Infrastruktur aufgebaut ist. Eine zentrale Rundsteuerung mit mehreren Schalmöglichkeiten und die Einschaltung der Fotozellen sind dafür relevante Parameter. Zudem stellt sich auch die Frage, ob Gemeinden bereit sind, in neue Steuerungen zu investieren, welche sich nicht amortisieren werden.

Ebenso entscheidend sind die Bedürfnisse der Gemeinden. Ist man bereit, das Licht nachts auszuschalten oder gibt es Gründe, die dagegen sprechen. Ein wichtiger Punkt ist hierbei, Licht nicht nur als Energieverbraucher zu sehen, sondern auch auf kulturelle und sicherheitsbezogene Bedürfnisse Rücksicht zu nehmen.

Nach Vorliegen der revidierten SN EN 13201 voraussichtlich ab Herbst 2015 können sehr konkrete Empfehlungen zur Anpassung der Beleuchtungszeiten sowie zur Leistungsreduktion der über 4'000 Ganznachtsleuchten im Kanton Schaffhausen gegeben werden.

6.4 Potenzial Umwelteinwirkungen

Lichtverschmutzung

Insbesondere Kugelleuchten tragen zur Lichtverschmutzung bei. Gesamthaft sind im Kanton Schaffhausen noch 48 Kugelleuchten installiert. Auf Basis der Bestandsdaten lassen sich die Leuchten hinsichtlich direkter, unerwünschter Lichtimmissionen in Richtung Himmel und Horizont ganz grob in folgende Kategorien und %-Anteile gliedern:

- Hoher Anteil Lichtimmissionen: ca. 5 % (z.B. Kugelleuchten)
- Mittlerer Anteil Lichtimmissionen: ca. 75 %
- Reduzierter Anteil Lichtimmissionen: ca. 5 %

Die Kugelleuchten sollten kurzfristig durch moderne Leuchten ersetzt werden. Bei der Beschaffung ist auf die im Anhang 8.3 beschriebenen Anforderungen zu achten, um Lichtverschmutzung weitgehend zu vermeiden. Das genaue Potenzial der nach oben strahlenden Objektbeleuchtung ist nicht bekannt, da die Gemeinden die Installation und Betrieb der Objektbeleuchtungen oft selbst vornehmen und somit nicht im Datenpool der drei Elektrizitätswerke erfasst sind.

Lichtverschmutzung entsteht auch durch Reflexionen. Deshalb sollte das Licht gezielt eingesetzt werden und nicht in den Rhein gerichtet werden oder auf andere reflektierende Flächen treffen.

An Hanglagen ist darauf zu achten, dass das Licht in den Hang und nicht talwärts gerichtet wird.

Die Gemeinden sind gefordert, unter Einbezug einer Fachfirma die Objektbeleuchtung auf Energieeffizienz zu prüfen und Lichtverschmutzung zu vermeiden. Durch eine neue Lichtgestaltung sollte der Anteil an der Lichtverschmutzung so weit wie möglich reduziert werden.

Schutz der Natur

Den heutigen Leuchtenbestand im Kanton Schaffhausen kann man auf Basis der Bestandsdaten grob in folgende Kategorien und %-Anteile gliedern:

- Hohe Anlockwirkung Insekten: ca. 10 %
- Mittlere Anlockwirkung Insekten: ca. 70 %
- Reduzierte Anlockwirkung Insekten: ca. 5 %

Basis für die Einschätzung bildeten das Lichtspektrum und die Bauform der Leuchte. Bei der Beschaffung ist auf die im Anhang 8.3 beschriebenen Anforderungen zu achten, um den Schutz der Nachttiere zu erhöhen. Im Übrigen benötigen auch Pflanzen Dunkelphasen von mehreren Stunden pro Tag.

6.5 Zusammenfassung theoretisches und wirtschaftliches Energieeffizienzpotenzial

Übersicht zu den Energieeffizienzpotenzialen:

Massnahme	Energieeffizienzpotenzial theoretisch, gesamt	Energieeffizienzpotenzial wirtschaftlich, innerhalb 15 Jahre	Energieeffizienzpotenzial in kWh, innerhalb 15 Jahre
Erneuerung Beleuchtungskörper und Leuchtmittel	bis 58 %	ca. 35 - 45 %	ca. 1'270'000
Lichtsteuerungen/ Lichtmanagementsysteme		} ca. 10 - 15 %	ca. 300'000
a) Dämmerungsschaltung	0 - 7 %		
b) Einschaltzeiten	bis 33 %		
c) Dimmung ereignisgesteuert oder d) Dimmung zeitgesteuert	10 - 90 % 0 - 50 %		
Total	ca. 70 %	ca. 50 %	ca. 1'570'000

Zusammengefasst kann über den ganzen Kanton Schaffhausen in der Strassen- und Objektbeleuchtung ein durchschnittliches, theoretisches Gesamt-Energieeffizienzpotenzial von rund **70 %** angenommen werden. In Einzelfällen ist sogar ein Energieeffizienzpotenzial von bis zu 85 % möglich.

Mit dem gebotenen Ersatz von Quecksilberdampflampen, Gaslampen, Mischlicht- und Glühlampen durch effiziente Leuchten lässt sich der Energiebedarf kurzfristig um ca. 360'000 kWh/a (12 %) senken. Dies entspricht dem durchschnittlichen Energieverbrauch von 80 Vier-Personen-Haushalten und einem Betrag von ca. 65'000 CHF/a. Natriumhochdrucklampen sind nach heutigem Stand effiziente Leuchten und müssen in den meisten Fällen noch nicht ersetzt werden.

Geht man von einem Zeitrahmen von 15 Jahren aus, so erschliesst man sich durch die kontinuierliche Erneuerung der Beleuchtung in diesem Zeitraum ein weiteres Einsparpotenzial von rund 910'000 kWh/a (30 %) des heutigen Energiebedarfs. Durch Umstellung von Ganznacht- auf Halbnachtschaltung und Optimierung der Lichtsteuerung können der Energiebedarf um ca. 300'000 kWh/a (10 %) und die Energiekosten um ca. 55'000 CHF/a reduziert werden.

Das wirtschaftliche Einsparpotenzial innerhalb der nächsten 15 Jahre liegt mit ca. 1'570'000 kWh/a bei rund der Hälfte des heutigen Energiebedarfs für die öffentliche Beleuchtung im Kanton Schaffhausen. Die eingesparte Strommenge reicht aus, um 350 Vier-Personen-Haushalte jährlich mit dem (durchschnittlich) benötigten Strom zu versorgen. Insgesamt können damit die Kosten um ca. 283'000 CHF pro Jahr gesenkt werden.

Die Kugelleuchten und aufwärts gerichteten Objektbeleuchtungen sollten am jeweiligen Standort auf ihre Wirkung für Mensch und Umwelt geprüft und so weit wie möglich durch moderne, nach unten gerichtete Beleuchtungen ersetzt werden.

Für die Ermittlung des konkreten Energieeffizienzpotenzials ist eine Klassifizierung der Strassen und Wege und eine detaillierte Lichtplanung erforderlich. Im Rahmen dieser Lichtplanung wird ersichtlich, ob eine Strasse/Weg heute überbeleuchtet ist, die Abstände der Leuchten optimal sind oder zu viele bzw. zu wenige Leuchten für eine Unter- oder Überbeleuchtung sorgen. Im Rahmen der Lichtplanung werden Leuchten und Standorte so gewählt, dass mit möglichst wenig Energieeinsatz eine optimale Beleuchtung nach Normwerten erreicht werden kann. Zentraler Punkt hierbei ist, dass man im Rahmen der Planung auch Überbeleuchtungen vermeidet. Im Rahmen des bestehenden Untersuchungsumfanges für dieses Konzept ist eine solch detaillierte Betrachtung nicht möglich, kann aber als Erweiterung der bisherigen Analyse tiefergehende Informationen liefern.

6.6 Kosten der Umstellung von ineffizienter auf effiziente Beleuchtung

Die Gesamtkosten für den Ersatz von ineffizienten Leuchten durch zum Beispiel LED variieren je nach den örtlichen Bedingungen. Das Alter und der Zustand von Kandelabern, Leitungen sowie weiteren Bestandteilen und gegebenenfalls erforderliche Tiefbauarbeiten beeinflussen die Höhe der Kosten.

Ein Beispiel für eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Umstellung von Quecksilberdampflampen auf LED inkl. Lichtsteuerung ist im Anhang 8.5 beigefügt.

7 Massnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz

7.1 Vorgehensweise Gemeinden

Vor einer Umrüstung auf energieeffiziente Beleuchtung zeigt sich in der Praxis oft dieses Bild:

- Lichtpunkte: Keine optimalen Abstände zwischen den Kandelabern
- Leuchtmittel: Quecksilberdampflampen oder Plug-in-Lampen in Betrieb
- Leuchten: Alte Leuchten im Einsatz (z.B. Kugelleuchten, offene Leuchten)
- Effizienz: Fehlende Nachtabsenkung
- Lebensdauer: Veralterte Verkabelungen, Kandelaber, Leuchten

Auf Basis eines Vorgehensplans können Grundlagen für Massnahmen erarbeitet und Entscheide getroffen werden. Der Vorgehensplan sollte in folgende Projektphasen eingeteilt werden:

- Frühzeitige und umfangreiche Analyse mit Lösungsszenarien (technisch, zeitlich, finanziell)
- Ausführliche Definition der Anforderungen, Bedürfnisse und Vorstellungen
- Genaue und objektive Beurteilung des aktuellen Zustandes der Strassen- und Objektbeleuchtung
- Aussagekräftiges und nachhaltiges Sanierungskonzept
- Fachlicher und politischer Entscheid Gemeinderat und Gemeindeversammlung
- Umsichtige und vorausdenkende Detailplanung mit Einbezug aller Beteiligten
- Erfolgs- und Fortschrittskontrolle

Optimierung durch Sofortmassnahmen:

- Austausch der bestehenden ineffizienten Leuchten bzw. Leuchtmittel
- Überprüfung des Beleuchtungsniveaus
- Verminderung der Betriebsstunden
- Nachtabschaltung
- Leistungsreduzierung

Im Jahr 2013 hat das Tiefbauamt des Kantons Schaffhausen eine Erhebung zu den Fussgängerstreifen an Kantonsstrassen durchgeführt. In der Bestandsanalyse wurden Sicherheitskriterien inkl. der Beleuchtung der Fussgängerstreifen beurteilt. Die Analyse wurde den Gemeinden zugestellt. Bei einer Optimierung der Strassenbeleuchtung durch die Gemeinden liefert die Analyse wertvolle Hinweise zu Sicherheitsaspekten bei der Beleuchtung der Fussgängerstreifen am jeweiligen Standort.

7.2 Vorgehensweise Kanton

Der Kanton Schaffhausen will auf Grund seiner Vorbildfunktion nachhaltige Massnahmen zur Förderung einer effizienten Strassen- und Objektbeleuchtung ergreifen. Bei der Erarbeitung des Konzeptes wurden sechs Massnahmen entwickelt. Eine Priorisierung der Massnahmen wird in der an die Vorstellung der Massnahmen anschliessenden Tabelle vorgenommen.

Massnahme M 1: Informationsveranstaltungen für Gemeinden

Beschreibung	Auf Grund des gesetzlich verankerten Vertriebsverbotes von Quecksilberdampflampen sind die Gemeinden gezwungen, ihre alten Beleuchtungen zu sanieren, da keine Ersatzteile mehr verfügbar sind. Die Entscheidung für eine Beleuchtungstechnologie bestimmt auf viele Jahre die Höhe der Einsparungen bei den Betriebskosten, dem Erscheinungsbild der Gemeinde und die Auswirkungen auf den Menschen und seine Umwelt. Experten aus den kantonalen Elektrizitätswerken und aus der Branche zeigen den Baureferenten der Gemeinden Wege zur Erneuerung der Strassen- und Objektbeleuchtung auf.
Detailinformation	Es werden moderne Technologien sowie Pilotprojekte und deren Ergebnisse vorgestellt. Ziel ist, zum Thema Energieeffizienz zu informieren und zum Thema Lichtverschmutzung und deren negative Auswirkungen auf Menschen und Tiere zu sensibilisieren.
Wirkung	Die Baureferenten werden umfassend informiert und können Entscheidungen auf Basis breit abgestützter Erfahrungen treffen. Zugleich sollen die Veranstaltungen als Plattform für ein Netzwerk zum Thema energieeffiziente Beleuchtung dienen.
Kosten	10'000 CHF alle 2 Jahre
Verantwortlich für Umsetzung	Baudepartement
Betroffene Gesetze/Verordnungen	-
Zeitliche Umsetzbarkeit	Die Veranstaltung findet alle 2 Jahre statt, Beginn 2015
Querbezüge zu anderen Massnahmen	M 3: Durchführen von Pilotprojekten

Massnahme M 2: Mitarbeit bei der Erarbeitung von Empfehlungen und Richtlinien

Beschreibung	Der Kanton beteiligt sich an der Erarbeitung von Vorgaben, in denen Grundsätze für Planung und Realisation von Strassen- und Objektbeleuchtungen definiert werden. Ziel ist es, praxisnahe Regelungen für eine energieeffiziente Beleuchtung nach dem Stand der Technik zu erreichen.
Detailinformation	Für Planung und Bau von Neuanlagen, zum Ersatz von bestehenden Anlagen, zum betrieblichen und baulichen Unterhalt und zur umweltschonenden Beleuchtung von Strassen, Wegen, Fussgängerübergängen und Objekten werden spezielle Anforderungen definiert. Dazu gehören zum Beispiel Festlegungen zu Reduktionen oder Ausschaltungen zur Nachtzeit, Kennwerte zum Energieverbrauch, Farbtemperatur, Festlegung von Zonen mit unterschiedlichen Sensibilitäten, Anforderungen an Lichtpunkte an Gewässern und Naturschutzzonen.
Wirkung	Die Anwendung der Vorgaben trägt massgeblich zum Erreichen der Ziele zur Erhöhung der Energieeffizienz und zur Vermeidung von Lichtverschmutzung bei.
Kosten	Kantonsinterne Kosten
Verantwortlich für Umsetzung	Baudepartement
Betroffene Gesetze/Verordnungen	-
Zeitliche Umsetzbarkeit	kurzfristig
Querbezüge zu anderen Massnahmen	-

Massnahme M 3: Durchführen von Pilotprojekten

Beschreibung	Pilotprojekte fokussieren die Aufmerksamkeit auf innovative Lösungen im Bereich Strassen- und Objektbeleuchtung und liefern Erkenntnisse aus erster Hand.
Detailinformation	Mit Pilotprojekten werden besonders innovative Technologien und deren Anwendung umfassend in der Praxis untersucht: Welches Energieeffizienzpotenzial kann in der Praxis erreicht werden? Welche Auswirkungen auf die Umwelt werden festgestellt? Für geeignete Projekte kann eine finanzielle Unterstützung der Investitionskosten durch den Kanton erfolgen.
Wirkung	Die Ergebnisse liefern Grundlagen für Entscheidungen, die in der Strassen- und Objektbeleuchtung Bestand für ca. 20 Jahre haben müssen. Die Investitionskosten in eine moderne Strassenbeleuchtung sind heute mit den neuen Technologien deutlich höher als noch vor 10 Jahren. Gemeinden erhalten für Budgetentscheidungen Informationen aus erster Hand und aus verlässlicher Quelle.
Kosten	Einmalig 75'000 CHF pro Projekt, max. 35 % der Projektkosten
Verantwortlich für Umsetzung	Baudepartement
Betroffene Gesetze/Verordnungen	-
Zeitliche Umsetzbarkeit	kurzfristig
Querbezüge zu anderen Massnahmen	M 1: Informationsveranstaltungen für Gemeinden M 5: Investitionshilfen für bedarfsgerechte Beleuchtung

Massnahme M 4: Schaffung von Planungsgrundlagen

Beschreibung	Es werden standortbezogene Informationen zur Verfügung gestellt, die als Planungsgrundlage für eine dem Standort angepasste Beleuchtung dienen sollen.
Detailinformation	Im GIS-Browser werden für Planer Informationen zur Verfügung gestellt: <ul style="list-style-type: none"> - Sensible Umweltzonen, wie z.B. Wildtierkorridore, Fledermausquartiere, geschützte Bereiche, Ruhezonen, ... - Verkehrsflussmessungen - konkrete Anforderungen an die Beleuchtung der einzelnen Strassen bzw. Standorte durch Anzeigen der Beleuchtungsklassen (Soll/Ist) - beleuchtete Strassenkilometer
Wirkung	Bereits in der Planungsphase von Baumassnahmen sind Umweltinformationen zum Standort verfügbar, die eine angemessene Beleuchtung ermöglichen.
Kosten	Kantonsinterne Kosten
Verantwortlich für Umsetzung	Kantonales Planungs- und Naturschutzamt in Zusammenarbeit mit dem Amt für Geoinformation und dem Interkantonalen Labor
Betroffene Gesetze/Verordnungen	Kantonaler Richtplan, EG USG, Heimatschutzgesetz
Zeitliche Umsetzbarkeit	kurzfristig
Querbezüge zu anderen Massnahmen	M 1: Informationsveranstaltungen für Gemeinden

Massnahme M 5: Investitionshilfen für bedarfsgerechte Beleuchtung

Beschreibung	Die bedarfsgerechte Steuerung der Strassenbeleuchtung durch Bewegungsmelder oder Kommunikation zwischen aufeinanderfolgenden Leuchtstellen kann bis zu 30 % Energie einsparen. Die Technologie ist innovativ, aber auch kostenaufwändig und deshalb noch kaum im Einsatz.
Detailinformation	Für den Einsatz dieser neuen Technologie ist die Wahl des richtigen Einsatzortes wichtig. Eine professionelle Lichtplanung ist daher Voraussetzung für die Installation einer bedarfsgerechten ereignis- oder zeitgesteuerten Steuerung. Für geeignete Projekte kann eine finanzielle Unterstützung der Investitionskosten durch den Kanton erfolgen.
Wirkung	Erhöhung der Energieeffizienz durch Einsatz neuester Technologien
Kosten	200'000 CHF/a, max 35 % der Investitionskosten
Verantwortlich für Umsetzung	Baudepartement
Betroffene Gesetze/Verordnungen	-
Zeitliche Umsetzbarkeit	mittelfristig
Querbezüge zu anderen Massnahmen	Massnahme M 3 - Pilotprojekte

Massnahme M 6: Pflicht zur Erneuerung ineffizienter Strassen- und Objektbeleuchtung

Beschreibung	Innerhalb der nächsten drei Jahre sollen sämtliche ineffizienten Leuchten in der Strassen- und Objektbeleuchtung durch eine effiziente Beleuchtung ersetzt sein.
Detailinformation	In das Elektrizitätsgesetz wird die Pflicht zum Ersatz der ineffizienten Strassen- und Objektbeleuchtung aufgenommen.
Wirkung	Innerhalb von drei Jahren ist die ineffiziente Strassenbeleuchtung im Kanton Schaffhausen deutlich reduziert. Damit wird der Energiebedarf um 360'000 kWh gesenkt.
Kosten	Kantonsinterne Kosten
Verantwortlich für Umsetzung	Baudepartement
Betroffene Gesetze/Verordnungen	Elektrizitätsgesetz
Zeitliche Umsetzbarkeit	kurzfristig
Querbezüge zu anderen Massnahmen	-

7.3 Priorisierter Zeitplan zur Umsetzung der Massnahmen

Zum Erreichen der Ziele gemäss Kapitel 2 wird die Umsetzung in nachfolgender priorisierter Reihenfolge empfohlen.

Prio.	Massnahme	Förderbeiträge	Gesetzl. Rahmenbedingungen	Information und Beratung	Kurzfristig 1-3 Jahre	Mittel- und langfristig, ab 3 Jahre
M 1	Informationsveranstaltungen für Gemeinden			x	x	
M 4	Schaffung von Planungsgrundlagen			x	x	
M 2	Mitarbeit bei der Erarbeitung von Empfehlungen und Richtlinien		x		x	
M 3	Durchführen von Pilotprojekten	x			x	
M 5	Investitionshilfen für bedarfsgerechte Beleuchtung	x				x
M 6	Pflicht zur Erneuerung ineffizienter Strassen- und Objektbeleuchtung		x		x	

8 Schlussfolgerungen und Ausblick

Vorhaben der drei Elektrizitätswerke

Im EKS-Gebiet ist damit zu rechnen, dass bis Ende 2017 rund 950 Quecksilberdampflampen saniert werden. Dies ergibt eine Energieeinsparung von rund 215'000 kWh. Weitere Reduktionen lassen sich mit anderen Einschaltzeiten/Absenkungen realisieren.

Für die Stadt Schaffhausen plant SH Power im Jahr 2015, die noch 160 Quecksilberdampflampen in Unterführungen und Durchgängen auf LED oder ähnliche Leuchtmittel umzurüsten. Die Evaluation von neuen Leuchten in LED-Technik ist in vollem Gange. Für die Umrüstung der Altstadtgasleuchten auf LED wurde ein Stadtratsantrag gestellt.

Das EW Hallau plant in den nächsten 3 Jahren, bis Ende 2017, den grössten Teil der Quecksilberdampflampen durch LED zu ersetzen. Diese Massnahme bewirkt eine Einsparung von ca. 35'000 kWh/Jahr, respektive eine Reduktion von über 40 % der gesamten für die Strassenbeleuchtung aufzuwendenden Energiemenge.

Schlussfolgerungen und Ausblick Kanton

Die Beleuchtung im Kanton Schaffhausen ist grundsätzlich auf einem guten Stand. Ein Grossteil der Beleuchtung ist mit energieeffizienten Natriumhochdrucklampen und Leuchtstofflampen und teilweise bereits mit LED ausgerüstet. Bei rund 60 % der Strassenbeleuchtung wird an diesen Standorten bereits eine nächtliche Abschaltung oder Reduktion vorgenommen. Damit wird bereits heute rund ein Drittel Energie gegenüber der Ganznachtschaltung eingespart.

Auf Grund ihrer mangelnden Effizienz müssen Glühlampen, Quecksilberdampflampen, Gaslampen und Mischlichtlampen aus dem Verkehr gezogen werden. Diese gilt es möglichst zeitnah zu ersetzen.

Eine Abschaltung der Strassen- und Objektbeleuchtung zwischen 00:30 Uhr und 5:30 Uhr sollte für alle Standorte geprüft werden. Sicherheitsrelevante Bereiche sollten davon ausgenommen bleiben. Das Abschalten nur jeder zweiten Leuchte ist aus Sicherheitsaspekten kritisch zu beurteilen, muss aber jeweils für den Einzelfall geprüft werden.

Um den insgesamt guten Stand zu halten und gezielt zu verbessern, empfiehlt es sich, in den nächsten Jahren im Rahmen aller Strassenbauprojekte auch die Beleuchtung zu überprüfen und gezielt zu erneuern. Eine gezielte Analyse der jeweils ältesten Anlagen und eine permanente Erneuerung dieser hilft einen guten Stand der Beleuchtung zu erhalten. Ein Energieeffizienzpotenzial, welches je nach Gegebenheiten und Infrastruktur relativ einfach und kostengünstig zu erschliessen ist, ist die Anpassung der Einschaltzeiten. Um Aussagen über die Objektbeleuchtung zu machen, bedarf es einer zusätzlichen Erhebung und Bewertung.

Von einer schrittweisen Erneuerung der Beleuchtung profitieren die Steuerzahler durch langfristig geringere Kosten und die Umwelt durch Verminderung der Lichtverschmutzung. Die öffentliche Beleuchtung übernimmt diesbezüglich eine Vorbildrolle.

9 Anhänge

9.1 Begriffe

Als **Lampe** bzw. **Leuchtmittel** wird die technische Ausführung einer künstlichen Lichtquelle bezeichnet. Die Lampe ist ein Gerät zur Erzeugung von Licht und wandelt elektrische Energie in Licht um. Sie wird in die Leuchte eingesetzt, die das Licht der Lampe verteilt, lenkt und vor Blendung schützt. Beispiele: Glühlampe, Leuchtstofflampe, Halogenlampe und Entladungslampe.

Leuchten sind Apparaturen, in welche die Leuchtmittel sowie weitere technische Vorrichtungen, wie Reflektor, Schirm, Zündgerät und Dimmer installiert werden.

Lichtausbeute sagt aus, wie viel Lichtstrom in Lumen (lm) pro Watt (W) ihrer Leistungsaufnahme eine Lampe erzeugt. Je höher das Verhältnis Lumen/Watt, desto besser setzt eine Lampe die eingebrachte Energie in Licht um.

Lichtpunkte bzw. Lichtstellen werden einzelne Leuchten genannt, der Abstand zwischen den einzelnen Lichtpunkten wird als Lichtpunktabstand bezeichnet.

Lichtverschmutzung entsteht, wenn Kunstlicht in Form von Strassenlampen, Gebäudebeleuchtungen, Reklamen im Übermass eingesetzt wird. Dies stört Mensch und Natur. Licht, das nach oben abgestrahlt wird, bewirkt ein diffuses Leuchten sowie eine unerwünschte Aufhellung des Nachthimmels und wird deshalb als Lichtverschmutzung bezeichnet.

Ganznachtschaltung bedeutet, dass die Lampe die ganze Nacht hindurch mit voller Leistung leuchtet. Das bedeutet eine Betriebsdauer von ca. 4'000 Stunden pro Jahr.

Bei einer **Halbnachtschaltung** werden die Leuchtmittel innerhalb eines Zeitraumes von z.B. 01:00 bis 05:00 Uhr komplett abgeschaltet, die Betriebsdauer beträgt dann noch ca. 2'500 Stunden pro Jahr. In verkehrsschwachen Zeiten kann mit dieser Massnahme der Energiebedarf gesenkt werden.

Im **reduzierten Betrieb** wird die Leuchtmittelleistung verringert, zum Beispiel von 70 Watt auf 50 Watt. Damit wird ebenfalls eine Energieeinsparung erreicht.

9.2 Ansprechpartner

- Planungs- und Naturschutzamt des Kantons Schaffhausen, Beckenstube 11, 8200 Schaffhausen
- Interkantonales Labor, Bereich Umweltschutz, Mühlenentalstrasse 188, 8200 Schaffhausen
- EKS AG, Rheinstrasse 37, 8201 Schaffhausen
- SH Power, Mühlenstrasse 19, 8200 Schaffhausen
- EW Hallau, Schmalzgasse 40, 8215 Hallau

9.3 Anforderungen an Beschaffung, Installation und Betrieb

Die nachfolgend aufgeführten Anforderungen sind als Empfehlungen zu verstehen, um eine hohe Energieeffizienz zu erreichen und die Lichtverschmutzung zu verringern.

Anforderungen an die Beschaffung von Strassenleuchten

Abdeckung	keine Ausstrahlung über die Horizontale hinaus
Blendung	gemäss SLG-Richtlinien
Farbtemperatur	3'000K warmweiss (Verringerung Umwelteinwirkungen); max. 4'000K neutralweiss (bessere Wirtschaftlichkeit, Stand 2015)
Garantie	5 - 10 Jahre (Gesamtsystem)
Betriebsgerät	dimmbar
Leuchtmittel	mindestens 80 lm/W für bestehende oder 100 lm/W für neue Leuchtmittel
Prüfzeichen	CE, IMQ, ENEC, VDE (mindestens eines davon)
Schutzart	I, II optional
Wartung	Leuchtenteile müssen austauschbar sein

Anforderungen an die Beschaffung von Tunnel- und Unterführungsleuchten

Blendung	gemäss SLG-Richtlinien
Farbtemperatur	3'000 - 5'000K kaltweiss
Garantie	5 - 10 Jahre (Gesamtsystem)
Betriebsgerät	dimmbar
Leuchtmittel	mindestens 80 lm/W für bestehende oder 100 lm/W für neue Leuchtmittel
Prüfzeichen	CE, IMQ, ENEC, VDE (mindestens eines davon)
Schlagfestigkeit	Mindestens IK 8 für Sicherheitsglasabdeckung und Gehäuse
Schutzart	I, II optional
Wartung	Leuchtenteile müssen austauschbar sein

Anforderungen an die Beschaffung von Objektbeleuchtung

Bei der Beschaffung von Objektbeleuchtungen ist besonders darauf zu achten, dass eine moderne Lichtquelle gewählt wird, die nur das Objekt beleuchtet und nicht daran vorbei in die Umgebung oder in den Himmel leuchtet. Die Lichtquelle ist so zu wählen, dass sie gezielt und angemessen Licht abgibt.

Anforderungen an die Beschaffung von Lichtmanagement-Systemen

Eine intelligente Lichtsteuerung wird in Zukunft zum Erreichen einer hohen Energieeffizienz eine deutlich höhere Bedeutung gewinnen. Bei der Beschaffung einer neuen Leuchte sollte darauf geachtet werden, dass Technologien zur Steuerung bereits integriert sind.

Anforderungen Installation, Betrieb und Unterhalt

Installation

Das Eidgenössische Starkstrominspektorat (ESTI) regelt die Kontrolle von öffentlichen Beleuchtungsanlagen:

- Abnahmekontrolle (Schlusskontrolle)
- Elektrische und mechanische Zustandskontrolle oder periodische Kontrolle
- Datenerstaufnahme oder elektrische Sicherheitskontrolle
- Kontrollpersonal
- Weihnachtsbeleuchtung (öffentliche Beleuchtung)

Betrieb und Unterhalt

- Die Leuchtmittel (mit Ausnahme von LED) werden periodisch, spätestens alle fünf Jahre, gesamthaft ausgewechselt (Gruppenersatz). Die Periodendauer ist abhängig vom voraussichtlichen Ausfall oder vom festgestellten Lichtstromabfall.
- Die Leuchten werden periodisch gereinigt. Dies soll mindestens gleichzeitig mit dem Leuchtmittelwechsel erfolgen.
- Defekte Teile werden nachhaltig repariert oder ersetzt. Frühzeitig ausgefallene Leuchtmittel werden umgehend ersetzt.
- Veraltete Anlageteile werden durch neuzeitliche ersetzt, wenn sie zu häufigen Reparaturen Anlass geben oder durch solche mit deutlich höherer Energieeffizienz ersetzt werden können.
- Bei Änderung der Verkehrsbelastung, der Umgebung, der Anlage Strasse oder bei neuen Erkenntnissen bezüglich Unfall- oder Verbrechensverhütung sollen die Anlagen diesen neuen Anforderungen angepasst werden.

9.4 Beispiel Wirtschaftlichkeitsberechnung

Ein Beispiel für die Wirtschaftlichkeitsberechnung beim Ersatz einer Strassenbeleuchtung mit Quecksilberdampflampen durch LED zeigt folgende Übersicht der EKS AG.

Der Berechnung liegen folgende Annahmen zu Grunde:

Total Bestand 50 Quecksilberdampfleuchten,

davon 25 Stk. 92W und 25 Stk. 144W

Diese werden ersetzt durch 25 Stk. LED mit 27 W und 25 Stk. LED mit 35W.

Sanierung HQL Leuchte durch LED inkl. gleichzeitiger Einführung von Reduktionsbetrieb					
Eingabedaten:	Anzahl Leuchten innerhalb Beurteilung			Anz.	50
	Anzahl Leuchten Ganznacht	von Total		Anz.	5
	Anzahl Leuchten Halbnacht	von Total		Anz.	45
Leistung:	Installierte Leistung vor Investition			kW	5.90
	Installierte Leistung nach Investition			kW	1.55
		Differenz		kW	4.35
Energie:	Energieaufwand vor Investition	GN		kWh	3'015
		HN		kWh	13'329
		Total GN/HN		kWh	16'345
	Energieaufwand nach Investition	GN		kWh	495
		HN		kWh	1'667
		Total GN/HN		kWh	2'161
	Differenz Energie	GN Diff		kWh	2'520
		HN Diff		kWh	11'663
		Differenz		kWh	14'183
Energiekosten:	Energiekosten vor Investition	GN		CHF	577
		HN		CHF	2'551
		Total GN/HN		CHF	3'128
	Energiekosten nach Investition	GN		CHF	95
		HN		CHF	319
		Total GN/HN		CHF	414
	Energieeinsparung	GN Diff		CHF	482
		HN Diff		CHF	2'232
		Differenz		CHF	2'715
Finanzierung:	Ersatz od. Sanierung (exkl. Kandelaber, Tiefbau und MwSt.)		pro Leuchtstelle	CHF	1'000
	Linearer Zinssatz			%	1.0%
	Lebensdauer Anlage			J	25
Investition:	Investitionskosten			CHF	50'000
	Zins linear			CHF	500
	Total Investitionskosten inkl. Zins			CHF	50'500
Wartung	Wartungskosten vor Investition			CHF	1'334
	Wartungskosten nach Investition			CHF	899
	Differenz Wartungskosten			CHF	435
Amortisation:	bei Ersatz/Sanierung Leuchten			Jahre	16
Reduktionsbetrieb heisst Anpassung der Schaltzeiten und Reduktion Leistung wie folgt:					
	Reduktionsschaltung (von/bis)	21.00 Uhr	23.00 Uhr	auf	80%
	Reduktionsschaltung (von/bis)	23.00 Uhr	1.00 Uhr	auf	50%
	Reduktionsschaltung (von/bis)	1.00 Uhr	5.00 Uhr	auf	30%