

Fachbereich 5 - Planen und Bauen  
Bereich 5.661 - Verkehr  
Az.: 5.661-2.25 Verkehrswegebeleuchtung

Lübeck, 25.01.2011  
Sachbearbeiter: Christian Scholz  
Tel.: 6640  
Drucksache Nr.:  
Zu Punkt der Tagesordnung

## **B e r i c h t**

Gegenstand: **Straßenbeleuchtung mit LED-Technik**

Anlass: Aus Anlass des Bürgerschaftsbeschlusses „Straßenbeleuchtung mit LED-Technik“ berichtet der Bereich Verkehr über den aktuellen technischen Stand und die zukünftige technische Ausrichtung der Straßenbeleuchtung der Hansestadt Lübeck. Weiter wird über zusätzliche Maßnahmen zur Energieeinsparung und über Finanzierungsmöglichkeiten von zu erneuernden technisch abgängigen Kabel- und Mastsystemen berichtet.

Begründung: siehe Rückseite (Anlagen)

Verfahren:

1. Beteiligte Bereiche: ---
- Ergebnis: ---
2. Finanzielle Auswirkungen: keine

Franz-Peter Boden  
Bausenator

bitte wenden

## **Anlage 1**

### **Inhalt**

- 1 Bürgerschaftsbeschluss vom 06.04.2009**
- 2 Zwischenbericht der Verwaltung vom 17.05.2010**
- 3 Dienstleistungsauftrag der Stadtwerke Lübeck**
- 4 Konzepte für weitere Schritte**
  - 4.1 Einstieg in die LED-Technik
  - 4.2 Zusätzliche Maßnahmen zur Energieeinsparung
    - 4.2.1 Abschaltung der Beleuchtung von Gewerbegebieten nach 23.00 Uhr bis 5.00 Uhr
    - 4.2.2 Ausblick Lichtmanagement
  - 4.3 Möglichkeiten einer privaten Partnerschaft
- 5 Zusammenfassung**

Anlage 2 Bericht der Stadtwerke Lübeck - Potentialanalyse zur Erneuerung und Modernisierung der Straßenbeleuchtung in Lübeck am Beispiel von zwei repräsentativen Beispielen

Anlage 3 Abbildungen der Standardleuchtentechnik der Hansestadt Lübeck

Anlage 4 Energieeinsparpotenzial für Abschaltungen von Gewerbegebieten nach 23.00 Uhr bis 5.00 Uhr

### **1 Bürgerschaftsbeschluss vom 06.04.2009**

In ihrer Sondersitzung am 06.04.2009 hat die Bürgerschaft folgenden Auftrag an den Fachbereich 5 Planen und Bauen gegeben (Straßenbeleuchtung mit LED-Technik):

1. *Es soll ein Konzept entwickelt werden, wie die veraltete Straßenbeleuchtungstechnik, wie Quecksilberdampfleuchten, auf umweltfreundliche und sparsamere Beleuchtung, wie LED-Beleuchtung, umgerüstet werden kann. Es ist dabei darzustellen, wie hoch die Kosten einer Umrüstung sind und wie hoch die Einsparung durch geringeren Verbrauch ausfällt.*
2. *Bei Neueinrichtung von Straßenbeleuchtung sollen generell nur noch energiesparende Beleuchtungssysteme eingesetzt werden.*

*Vorbild bei der Umrüstung auf LED-Technik könnte die Stadtwerke Düsseldorf AG sein.*

## 2 Zwischenbericht der Verwaltung vom 17.05.2010

Aufgrund der Bitte des Bauausschusses, einen Zwischenbericht über den aktuellen Stand des Bürgerschaftsauftrages zur „Straßenbeleuchtung mit LED-Technik“ zu geben, wurde zu dem oben genannten Beschluss seitens des Bereiches Verkehr in der 32. Sitzung des Bauausschusses am 17.05.2010 im Vorwege zu diesem Bericht Folgendes berichtet:

In den letzten Jahren fand ein großer Sprung hinsichtlich der Entwicklung von LED-Technologien statt. Diese Technik wird sich zweifelsfrei in den nächsten zehn Jahren für die Verkehrswegebeleuchtung in einem erheblichen Maße durchsetzen. Hierbei bietet der Einsatz dieser Technik aktuell folgende Vorteile:

- längere Wartungszyklen der Beleuchtungssysteme,
- Lebensdauer der Bauteile lt. diverser Herstellerangaben über 10 Jahre,
- weniger Streulicht, d.h. das Licht wird zielgerichteter auf den zu beleuchtenden Bereich gelenkt, die Umgebung wird weniger beleuchtet,
- weißes Licht mit sehr guter Farbwiedergabe,
- nicht quecksilberhaltig,
- kein UV-Lichtanteil (keine Beeinträchtigung nachtaktiver Insekten) und
- gute Lichtausbeute.

Zugleich sollten aber zur LED-Technik nachstehende Risiken beachtet werden:

- hohe Investitionskosten,
- Ersatzteilverfügbarkeit über die Lebensdauer der Systeme (min. 20 Jahre) derzeit ungewiss,
- Ersatzteil- und Reparaturkostenentwicklung der Bauteile der Hersteller derzeit ungewiss und
- Herstellerangaben zur Lebensdauer von LED-Leuchten noch nicht nachgewiesen oder nicht konkret (der Lichtstromrückgang ist von Umwelteinflüssen insbesondere von der Temperatur abhängig, welcher in Langzeitstudien noch nicht nachgewiesen werden konnte, da die Technik relativ neu ist).

Der großflächige Einsatz von LED-Beleuchtung birgt aus Sicht des Bereiches Verkehr zur Zeit noch zu hohe Risiken. Aktuelle Beleuchtungssysteme mit Leuchtstoff- und Entladungslampen, wie sie in Lübeck Anwendung finden, erfüllen ebenso den Zweck einer effizienten, modernen und umweltfreundlichen Beleuchtung bei kalkulierbaren Kosten sowie bewährter und beherrschbarer Technologie, die sich ebenfalls rasch weiterentwickelt. Für Spezialanwendungen wird LED-Beleuchtung bereits eingesetzt. Der aktuelle LED-Markt wird vom Sachgebiet 5.661-2.25 Verkehrswegebeleuchtung ständig beobachtet. Mitarbeiter werden hierzu fortgebildet. Testsysteme sind seit 2008 bei der Hansestadt Lübeck im Einsatz.

Ferner ist zur Erledigung des ersten Beschlusspunktes zu berichten, dass der Bereich Verkehr im Mai und Juni 2009 sowie im Oktober 2009 Gespräche mit den Stadtwerken geführt hat. In gemeinsamer Abstimmung wird danach das von der Bürgerschaft beschlossene Konzept erarbeitet. Dazu soll alsbald an die Stadtwerke ein Dienstleistungsauftrag vergeben werden, der allerdings noch nicht in der Angebotsfassung seitens der Stadtwerke vorliegt. Es ist daher davon auszugehen, dass das Konzept somit nicht vor dem Herbst 2010 vorliegen wird.

Zum zweiten Beschlusspunkt ist mitzuteilen, dass die Verkehrswegebeleuchtung seit Mitte der 80er Jahre generell energiesparende Beleuchtungssysteme einsetzt. Dies zeigt sich schon darin, dass von den etwa 21.000 Beleuchtungsanlagen nur noch 43 Leuchten mit Quecksilberdampfhochdrucklampen ausgerüstet sind (vgl. oben stehende Aussagen zu den in der Hanse-

stadt Lübeck eingesetzten Leuchtstoff- und Entladungslampen). 37 dieser 43 Leuchten werden nach Klärung der Zuständigkeitsverhältnisse der beleuchteten Wege noch in diesem Jahr mit energiesparender und umweltfreundlicher Technik ersetzt oder gänzlich demontiert.

[...]

### **3 Dienstleistungsauftrag der Stadtwerke Lübeck**

Zur Erledigung des ersten Beschlusspunktes wurde an die Stadtwerke Lübeck ein Dienstleistungsauftrag zur Erstellung eines Konzeptes mit inhaltlich folgenden Leistungen erteilt:

- Zusammenstellung aktueller Betriebskosten für repräsentative Untersuchungsgebiete
- Entwicklung eines energieoptimierten Lichtkonzeptes unter Einbeziehung neuester Lampen- und Leuchtentechnologien (Varianten: Halogenmetaldampf, LED)
- Ermittlung der Erstellungs- und Betriebskosten der Varianten
- Gegenüberstellung der Altanlagen und der energieoptimierten Anlagen
- Darstellung der Ergebnisse in einem Bericht

Der Bericht von den Stadtwerken Lübeck - Potentialanalyse zur Erneuerung und Modernisierung der Straßenbeleuchtung in Lübeck am Beispiel von zwei repräsentativen Beispielen - liegt vor (siehe Anlage 2). Der Bericht der Stadtwerke Lübeck ergänzt den obigen Bericht an den Bauausschuss durch Kostenermittlungen und -gegenüberstellungen.

Die Stadtwerke Lübeck kam in Ihrem Bericht zu folgenden Schlussfolgerungen (siehe Punkt 6. ab Seite 11 des Berichtes):

- Aus Sicht der Lichtplanung und Kostenbetrachtung ist es sinnvoll, die vorhandene Technik noch möglichst lange zu nutzen. Die Anlagen sind noch immer konkurrenzfähig.
- Empfehlungen für Anliegerstraßen und Wohngebiete (Abbildungen der Standardleuchtentechnik für Anliegerstraßen und Wohngebiete siehe Anlage 3):  
Soweit Erneuerungsbedarf besteht, erscheint nach sorgfältiger Auswahl geeigneter Gebiete ein schrittweiser Einstieg in die LED-Technik schon heute als sinnvoll, wie Lichtberechnung und Kostenbetrachtung zeigen. Ein schrittweiser Einstieg ermöglicht es, mit kalkuliertem Einsatz Alltags- und vor allem Langzeiterfahrungen zu sammeln, um daraus Entscheidungs- und Planungssicherheit für zukünftige Schritte ableiten zu können.
- Empfehlungen für Hauptverkehrsstraßen und Sammelstraßen (Abbildungen der Standardleuchtentechnik für Sammelstraßen siehe Anlage 3):  
Deutlich geringere Energie- und Betriebskosten der LED-Lösung können die hohen Investitionskosten nicht ausgleichen, die Kosten sind insgesamt zu hoch. Aus heutiger Sicht macht LED in diesem Verwendungsbereich erst zukünftig Sinn, wenn
  - die Kosten für LED in den nächsten Jahren auf ein angemessenes Niveau sinken,
  - die Lichtleistung auch für große Mastabstände und höhere Beleuchtungsklassen ausreichen.Bis dahin erscheint es aus Sicht der Lichtplanung sinnvoll, die Bestandsanlagen mit moderaten Investitionen zu erhalten oder bei Erneuerung ganzer Teilgebiete konventionelle Lichtsysteme einzusetzen.

## **Zwischenfazit**

Aus Sicht der Stadtwerke Lübeck und der Verwaltung ist die Straßenleuchtentechnik der Hansestadt Lübeck nicht „veraltet“. Es ist bereits auf umweltfreundliche und sparsame Beleuchtung „umgerüstet“ worden. Bei der Neueinrichtung werden nur noch energiesparende Beleuchtungssysteme eingesetzt.

## **4 Konzepte für weitere Schritte**

### **4.1 Einstieg in die LED-Technik**

Als nächsten Schritt wird die Hansestadt Lübeck einen exemplarischen Einstieg in die LED-Technik vornehmen. Zurzeit erfolgt eine sorgfältige Auswahl an technisch geeigneter und zugleich gestalterisch vorteilhafter Leuchtentechnik.

Vorgesehen für LED-Technik sind die technisch abgängigen Beleuchtungsanlagen in den Anwohnerstraßen „Seitenstraße“ und „Loggerstraße“ im Stadtteil Buntekuh. Es wurden gezielt zwei einzelne Straßen gewählt, die in sich geschlossene Gebiete bilden und die bei gemeinsamen technischen Problemen räumlich nicht weit entfernt voneinander liegen. Die Kabel, Masten und Leuchten werden voraussichtlich Anfang 2012 komplett erneuert. Die Hansestadt Lübeck hat hier die Möglichkeit, für die LED-Beleuchtung optimierte Mastabstände und Lichtpunkthöhen zu wählen.

Die Installation der LED-Technik erfordert folgende Mehrkosten im Vergleich zur konventionellen Beleuchtungstechnik:

#### **Seitenstraße**

Anzahl Lichtpunkte:	7
gesamte Baukosten für Kabel, Masten und LED-Leuchten:	ca. 26.600,00 €
Mehrkosten LED-Technik gegenüber konventioneller Technik:	ca. 2.400,00 €

#### **Loggerstraße**

Anzahl Lichtpunkte:	5
gesamte Baukosten für Kabel, Masten und LED-Leuchten:	ca. 23.200,00 €
Mehrkosten LED-Technik gegenüber konventioneller Technik:	ca. 2.000,00 €

Gemäß den Regelungen des Kommunalabgabengesetzes (KAG) werden 75% der umlagefähigen Baukosten auf die bevorteilten Grundstückseigentümer bzw. Erbbauberechtigten umgelegt, 25% werden der Allgemeinheit und damit der Hansestadt Lübeck bzw. dem städtischen Haushalt angelastet.

## 4.2 zusätzliche Maßnahmen zur Energieeinsparung

Bei der Hansestadt Lübeck wie in vielen anderen Kommunen wird darüber diskutiert, wie man Energiekosten in der Straßenbeleuchtung reduzieren kann. Eine in Deutschland leider verbreitete Maßnahme ist es, jede zweite Leuchte insbesondere in Anliegerstraßen, Wohn und Gewerbegebieten in den Nachtstunden abzuschalten. Diese gefährliche Maßnahme verursacht Dunkelzonen, in denen Gefahren nicht oder nur schwer erkannt werden. Das technische Regelwerk sieht daher Abschaltungen jeder zweiten Leuchte nicht vor. Als alternative Maßnahme reduziert die Hansestadt Lübeck in geeigneten Gebieten nach 22.00 bzw. 23.00 Uhr die Leistung auf ca. 70% der Nennleistung. Hiermit wird das Beleuchtungsniveau um ca. 50% herabgesetzt. Es entstehen keine Dunkelzonen, die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung bleibt erhalten.

### 4.2.1 Abschaltung der Beleuchtung von Gewerbegebieten nach 23.00 Uhr bis 5.00 Uhr

Eine weitere zusätzliche Möglichkeit der Reduzierung der Energiekosten sind Abschaltungen ganzer Gebiete zu späten Nachtstunden. Es besteht keine gesetzlich vorgegebene Beleuchtungspflicht der Kommunen. Eine Beleuchtungspflicht könnte nur dort entstehen, wo an besonderen Gefahrenstellen durch Beleuchtung Abhilfe geschaffen werden kann. Das technische Regelwerk, welches einen einheitlichen Beleuchtungsstandard für Europa beschreibt, findet bei Abschaltungen ganzer Gebiete keine Anwendung.

In der Anlage 4 ist das Energieeinsparpotenzial für Abschaltungen sämtlicher Gewerbegebiete der Hansestadt Lübeck nach 23.00 Uhr bis 5.00 Uhr aufgezeigt. Die Energieeinsparung läge bei 134.753 kWh im Jahr. Bei den aktuellen Energiepreisen entspräche dieses einer Kosteneinsparung von 18.585,32 €.

Betrachtet man die Aufgaben der öffentlichen Beleuchtung wie die

1. Gewährleistung der Verkehrssicherheit für sämtliche Verkehrsteilnehmer in den Dunkelstunden,  
*Dies gilt vornehmlich für Bereiche, die gemeinsam von Kraftfahrzeugen, Fußgängern und Radfahrern genutzt werden.*
2. Unterstützung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung (Daseinsvorsorge),  
*Den Verkehrsteilnehmern wird ein Gefühl der Sicherheit vermittelt, wenn potentielle Gefahren frühzeitig erkannt werden können. Die Anwohner sehen einen kausalen Zusammenhang zwischen der Straßenbeleuchtung und ihrer Sicherheit.*  
*Folgende Grundsätze zur Straßenbeleuchtung aus kriminalpräventiver Sicht sind zu beachten:*
  - *Licht schützt nur dort, wo Sozialkontrolle möglich ist.*
  - *Beleuchtung erzeugt immer Sicherheitsgefühl, selbst dort, wo sie dies tatsächlich gar nicht kann.*
  - *Eine gleichmäßige Beleuchtung kann kriminelle Handlungen verhindern. Eine Verbesserung der Beleuchtung führt zu einem Rückgang bestimmter krimineller Delikte.*
3. Steigerung der Attraktivität des öffentlichen Raumes durch Gestaltung mit Licht,

so wird durch diese Maßnahme die Verkehrssicherheit zu den Zeiten der Abschaltung nur geringfügig reduziert. Der gestalterische Aspekt spielt bei Gewerbegebieten eine untergeordnete Rolle.

Es ist jedoch davon auszugehen, dass es zu einer Zunahme von kriminellen Handlungen aufgrund abgeschalteter Beleuchtung kommen wird. Aus diesem Grund und der dargestellten geringen Einsparmöglichkeit rät der Bereich Verkehr von der Durchführung dieser Maßnahme ab.

#### 4.2.2 Ausblick Lichtmanagement

Nach Einführung flächendeckender LED-Systeme werden langfristig bidirektionale Steuerungssysteme in Verbindung mit Lichtmanagement zum Einsatz kommen. Aktuell werden in Lübeck die Beleuchtungsanlagen über unidirektionale Rundsteuertechnik (Steuersignale werden auf das Energieversorgungsnetz der Stadtwerke Lübeck moduliert) geschaltet. Die aktuelle Technik kann keine Rückmeldungen, wie zum Beispiel Störungen oder Energieverbräuche von den einzelnen Leuchtstellen, verarbeiten. Zukünftige Systeme werden diese Informationen IT-gestützt verarbeiten. Ausfälle werden in Echtzeit gemeldet und können zeitnah behoben werden. Die Beleuchtungsanlagen werden einzeln gezielt und bedarfsorientiert zu- und abgeschaltet oder je nach gefordertem Beleuchtungsniveau gedimmt. Denkbar wären zum Beispiel Schulwege durch Grünanlagen in den Morgenstunden zu beleuchten, Parkplatzbeleuchtung an Sportstätten ausschließlich bei Spielbetrieb einzuschalten oder das Beleuchtungsniveau an Sammelstraßen in Abhängigkeit von der Verkehrsdichte zu regeln. Außerdem können Änderungen, zum Beispiel von Schaltzeiten, direkt von der Zentrale aus vorgenommen werden. Aufwändige Installationsarbeiten vor Ort werden nach Einrichtung des Systems an der Leuchtstelle entfallen.

Bei weiter steigenden Energiekosten und Etablierung entsprechender Technologien am Markt wird ein Einsatz dieser Systeme wirtschaftlich.

#### 4.3 Möglichkeiten einer privaten Partnerschaft

Die Straßenbeleuchtungsanlagen der Hansestadt Lübeck bestehen aus Schaltstellen in Form von Schaltschränken, Kabelanlagen, Mastsystemen und Leuchtensystemen. Die einzelnen Anlagenteile wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten errichtet bzw. zwischenzeitlich bereits saniert. Der Auftrag der Bürgerschaft beschreibt „veraltete Straßenbeleuchtungstechnik wie Quecksilberdampfleuchten“, gemeint sind hier speziell die Leuchtensysteme. Diese Leuchtensysteme sind nicht „veraltet“ und entsprechen dem aktuellen Stand der Technik. Im Gegensatz zu den Leuchtensystemen haben jedoch die Kabelanlagen und die Mastsysteme bei der Hansestadt Lübeck zu einem großen Teil bereits ihre technisch und wirtschaftlich sinnvolle Nutzungsdauer von 30 bis 40 Jahren überschritten. Hier besteht für die nächsten Jahre ein Sanierungsbedarf in Höhe von ca. 10.500.000,00 € (ca. 7.000 abgängige Mastsysteme älter 35 Jahre einschließlich Verkabelung). Es sind weder ausreichend personelle Kapazitäten noch die notwendigen Geldmittel vorhanden, um das durchschnittliche Anlagenalter von zur Zeit 26 Jahren zu halten bzw. zu reduzieren. Mit zunehmendem Anlagenalter steigt die Wahrscheinlichkeit von Fehlern.

Als Folge unbesetzter Stellen erfolgt zur Zeit keine ausreichende Wartung, Prüfung und Dokumentation der Anlagen. Aufgrund des speziellen Netzaufbaus können an den Lichtmasten im Fehlerfall lebensgefährliche Berührungsspannungen auftreten. Es entstehen lange Ausfallzeiten der Anlagen, zum Beispiel durch aufwändige Fehlersuche oder aufwändige Instandsetzungsmaßnahmen, der Pflicht zur regelkonformen Beleuchtung kann zeitweise nicht entsprochen werden.

Zur Finanzierung von Anlagenerneuerungen sowie der erforderlicher Betriebsführung eignen sich beispielweise langfristige Public Private Partnership<sup>1</sup> (PPP)-Modelle. Weiter können hierbei städtische Planungs- und Bauleistungsleistungen oder die Betriebsführung oder Teile hiervon von einem privaten Partner erbracht werden.

---

<sup>1</sup> Als Public Private Partnership (Abkürzung PPP), auch Öffentlich-Private Partnerschaft (ÖPP), wird die Mobilisierung privaten Kapitals und Fachwissens zur Erfüllung staatlicher Aufgaben bezeichnet. Im weiteren Sinn steht der Begriff auch für andere Arten des kooperativen Zusammenwirkens von Hoheitsträgern mit privaten Wirtschaftssubjekten. PPP geht in vielen Fällen mit einer Teilprivatisierung von öffentlichen Aufgaben einher. (Quelle [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

Es ist notwendig, klare Ziele wie zum Beispiel die Umsetzung bestimmter Baumaßnahmen, die Zustandsverbesserung von Anlagen, die Reduzierung des durchschnittlichen Anlagenalters, die Verbesserung der Beleuchtungsgüte oder Energieeinsparungen mittels Einsatz innovativer Technologien zu definieren. Möglichst eindeutige Schnittstellen zwischen den Eigenleistungen der Stadt und den Leistungen des privaten Partners sind zu schaffen. Berichts- und Dokumentationspflichten beider Beteiligten sind festzulegen.

Über langfristige Verträge werden Investitionen in das Betreiberentgelt eingepreist. Zusätzlich sollte das Betreiberentgelt von der Verfügbarkeit der Anlagen abhängen. Strafen bei Minder- bzw. Nichtleistungen sind zu vereinbaren. Die Finanzierung kann bei einem PPP-Modell über eine Form von Contracting<sup>2</sup> erfolgen. Hierbei geht es darum, dass ein zukünftiger Betreiber, bei Bereitstellung der erforderlichen Energie, die Investitionen vorfinanziert. Die Rückzahlung erfolgt über das Betreiberentgelt.

Für den Beschaffungsprozess und die Ausgestaltung von Verträgen einer privaten Partnerschaft gibt es inzwischen zahlreiche Beispiele, auf deren Erfahrungen zurückgegriffen werden kann. Der Erfolg einer privaten Partnerschaft ist verknüpft mit einer möglichst präzisen Definition von Zielen und Rahmenbedingungen.

Hierzu ist insbesondere eine sorgfältige Strukturierung und Vorbereitung des PPP-Projektes unter Einbeziehung der Kompetenzen der Mitarbeiter und der Berater zwingend erforderlich.

Die Umsetzung einer privaten Partnerschaft erfordert das Erkennen der Potenziale, den Mut, etablierte Strukturen zu durchbrechen und den Willen, innovative Wege zu gehen.

## 5 Zusammenfassung

- Die Straßenleuchtentechnik der Hansestadt Lübeck ist im Gegensatz zu den Kabeln und Masten nicht „veraltet“.
- 2012 wird die Hansestadt Lübeck in den Straßen „Seitenstraße“ und „Loggerstraße“ den Einstieg in die LED-Technik vornehmen.
- Die Abschaltung der Beleuchtung sämtlicher Gewerbegebiete der Hansestadt Lübeck nach 23.00 Uhr bis 5.00 Uhr führt lediglich zu einer geringen Einsparung. Die Einsparung durch die Maßnahme kompensiert nicht die damit verbundenen Risiken für die Allgemeinheit.
- Langfristig werden Lichtmanagementsysteme Beleuchtungsanlagen bedarfsorientiert ansteuern.
- Die Kabelanlagen und die Mastsysteme haben zu einem großen Teil ihre technisch und wirtschaftlich sinnvolle Nutzungsdauer überschritten. Es besteht Sanierungsbedarf.
- Die Betriebsführung der Hansestadt Lübeck ist durch unbesetzte Stellen unzureichend.
- Zur Finanzierung von Anlagenerneuerungen sowie der erforderlicher Betriebsführung eignen sich private Partnerschaften.

---

<sup>2</sup> Contracting (englisch die Kontrahierung bzw. adjektivisch vertragschließend) ist die Übertragung von eigenen Aufgaben des Rechtssubjekts auf ein Dienstleistungsunternehmen. In seiner Hauptanwendungsform des Liefer-, Anlagen-, Energie- oder Wärme-Contractings bezieht sich der Begriff auf die Bereitstellung bzw. Lieferung von Betriebsstoffen (Wärme, Kälte, Strom, Dampf, Druckluft usw.) und den Betrieb zugehöriger Anlagen. (Quelle [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))



## **P o t e n t i a l a n a l y s e**

**zur Erneuerung und Modernisierung der Straßenbeleuchtung in Lübeck  
am Beispiel von zwei repräsentativen Beispielen**

## **1. Allgemeine Einleitung**

Das Europäische Parlament führte mit der EuP-Richtlinie 2005/32/EG vom 06. Juli 2005 neue Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte ein. EuP ist die Abkürzung für Energy using Products. Mit dem Erlass der Durchführungsrichtlinie ist die „Ökodesign-Richtlinie“ der EU und das deutsche Energieproduktegesetz (EPBG) vom 07.03.2008 in Bezug auf Straßen- und Haushaltsbeleuchtung rechtswirksam geworden.

Für viele Kommunen ergibt sich aus dieser Rechtslage unmittelbarer Handlungsbedarf im Hinblick auf ihre teilweise veralteten Straßenbeleuchtungsanlagen.

Ziel und Inhalt der vorliegenden Analyse ist es, festzustellen, in welchem Umfang dieser Sachverhalt auch die Straßenbeleuchtungsanlage der Hansestadt Lübeck betrifft und welcher Handlungsbedarf daraus entsteht.

Weiterhin soll festgestellt werden, wie ein alternatives Konzept für eine zukunftsfähige Straßenbeleuchtungsanlage der Stadt Lübeck aussehen könnte.

Nach kurzer Erörterung über die Herangehensweise an diese Aufgabe war klar, dass als Grundlage für alle nachfolgenden Erkenntnisse zunächst die vorhandene Beleuchtungsanlage in Ihren relevanten Parametern erfasst und bewertet werden mußte.

Die so ermittelten Bestandsdaten würden zum einen den Handlungsbedarf bezüglich grundsätzlicher Erneuerung verdeutlichen, zum anderen als Referenzwerte für die Bewertung möglicher Alternativen, zu erwartender Kosten und gegebenenfalls realisierbarer Einsparpotentiale dienen.

Alle ermittelten Ergebnisse stehen so in engem Bezug zu den in Lübeck tatsächlich herrschenden Verhältnissen und bieten den Vorteil, anstehende Entscheidungen transparent und nachvollziehbar begründen zu können. Dies ermöglicht Entscheidungs- und Planungssicherheit für ein Projekt, das bezüglich seiner Umsetzung möglicherweise einige Jahre beanspruchen wird.

Der Aufbau des Erläuterungsberichts ist darauf ausgerichtet, einen zusammenfassenden Überblick über die Untersuchungsergebnisse zu geben. Ergänzende Angaben zur Vertiefung finden sich bei Bedarf im Anhang.

## **2. Erläuterung der Vorgehensweise**

Die Straßenbeleuchtungsanlage der Stadt Lübeck hat eine Größenordnung von ca. 21.000 Lichtpunkten. Um zu einer aussagefähigen Einschätzung der Situation zu kommen, wurde festgelegt, über die exemplarische Betrachtung ausgewählter Teilgebiete, die in ihrer typischen Anlagen-Konfiguration repräsentativ für große Teile der Gesamtanlage stehen, zu entsprechenden Rückschlüsse für die Gesamtanlage zu kommen.

Nach entsprechender Prüfung auf Eignung wurden für diese Aufgabe seitens des Auftraggebers zwei Gebiete ausgewählt. Dies sind:

1. Der Straßenzug "Brüder-Grimm-Ring / Bruchweg / Schneewittchenweg" in Moisling, nachfolgend bezeichnet als "Brüder-Grimm-Ring", stellvertretend für Anlieger- bzw. Wohngebiete sowie vergleichbare Beleuchtungssituationen mit Lichtpunkthöhen (Lph) von 4,00 - 6,00 m
2. Die "Seelandstraße" in Herrenwyk stellvertretend für Gewerbegebiete und Durchfahrtstraßen mit Lichtpunkthöhen von 8,00m.

Die beiden Gebiete werden im Folgenden nach kurzer Darstellung der verwendeten Lichttechnik in Form von Lichtberechnungen und Kostenbetrachtungen untersucht und ausgewertet. Ergänzend folgt eine kurze Einschätzung der bestehenden Lichtsteuerungsanlage aus Sicht der Lichtplanung. Schlußfolgerungen aus den Berechnungsergebnissen schließen die Untersuchung ab.

### 3. Bestandsanlage Brüder-Grimm-Ring

Bei dem Gebiet Brüder-Grimm-Ring handelt es sich um ein Wohngebiet. Das Alter der hier installierten Beleuchtungsanlage liegt nach Angabe der Stadtwerke Lübeck überwiegend zwischen 15 und 30 Jahren, teilweise auch noch älter. Eingesetzt werden zwei Leuchtentypen, die nachfolgend kurz in Ihren wichtigsten Eigenschaften beschrieben werden.

Leuchtkopf Typ 1:	SGS 203 / Hersteller: Philips
Anzahl:	29 Leuchtköpfe im Betrachtungsfeld
Lichtpunkthöhe (Lph):	6,00m
Betrieb:	Ganznachtschaltung
Leuchtmittel (LM):	Natriumdampf-Hochdrucklampe (HST/ 50 Watt)
Lebensdauer LM:	16.000 h
Kosten LM:	ca. € 15,00
Vorteile:	Sehr gute Effizienz (neueste Bauform)
Nachteile:	Gelbtonige Lichtfarbe (2000K) mit schlechter Farbwiedergabe (Ra < 25)

Das hier eingesetzte Leuchtmittel Natriumdampf-Hochdrucklampe (HST) muss nach wie vor zu den wirtschaftlichsten Leuchtmitteln in der Straßenbeleuchtung gezählt werden.

Durch kontinuierliche Weiterentwicklung in den letzten Jahren konnte die Effizienz der Lichtleistung deutlich gesteigert und die durchschnittliche Lebensdauer des Leuchtmittels sogar verdoppelt werden, so dass heute mit Wartungszyklen von vier Jahren gerechnet werden kann.

Die neue Bauform dieses Leuchtmittels kann, gegebenenfalls unter Anpassung des Vorschaltgeräts in den Bestandsleuchten verwendet werden.

Leuchtkopf Typ 2:	Kegelleuchte 2000 / Hersteller: Indal
Anzahl:	32 Leuchtköpfe im Betrachtungsfeld
Lichtpunkthöhe (Lph):	4,00m
Betrieb:	Ganznachtschaltung
Leuchtmittel (LM):	Kompakte Leuchtstofflampe (TC-L/24 Watt)

Lebensdauer LM:	12.000 h
Kosten LM:	ca. € 4,00
Vorteile:	Gute Effizienz (75 lm/W), gute Farbwiedergabe (Ra 80-90)
Nachteile:	Lichtstrom ist temperaturabhängig

Auch dieses Leuchtmittel ist mit seinen guten Effizienzwerten sehr wirtschaftlich. Die Anforderungen der EuP-Richtlinie sorgen zudem für kontinuierliche Weiterentwicklung.

### 3.1 Lichtberechnungen der Bestandsanlage im Brüder-Grimm-Ring

Lichtberechnungen (siehe Anhang) im betrachteten Bereich ergeben folgende Werte:

Mittlere Beleuchtungsstärke $E_m$ :	2,3 - 4,8 lx
Minimale Beleuchtungsstärke $E_{min}$ :	0,1 - 0,3

Den Werten im Bestand stehen die Anforderungen der inzwischen gültigen DIN 13201-1 für den Bereich Anlieger und Wohnstraßen wie folgt gegenüber:

Beleuchtungssituation:	D3	Motorisierter Verkehr, Radfahrer, Fussgänger
Beleuchtungsklasse:	S4:	$E_m$ 5 lx (mittlere Beleuchtungsstärke in Lux) $E_{min}$ 1 lx (minimale Beleuchtungsstärke in Lux)
<i>alternativ:</i>	S5:	$E_m$ 3 lx $E_{min}$ 0,6 lx

Grundsätzlich gilt hierzu, dass die Einstufung einer örtlichen Gegebenheit in eine Beleuchtungssituation für jede Straße im Einzelfall nach Vorgaben vor Ort getroffen werden muß. Gemäß den Entscheidungskriterien der DIN 13201-1 wurde der Brüder-Grimm-Ring in die Situation D3 – Anlieger und Wohnstraßen - eingeordnet. Die weitere Zuordnung der Beleuchtungsklassen sowie ergänzende Differenzierungen erfolgt nach Anforderungen an die Sehleistung. Kriterien dafür sind z.B. parkende Autos am Straßenrand, Maßnahmen zur Geschwindigkeitsbegrenzung wie Poller, Blumenkübel, künstliche Bodenschwellen, etc. In diesem Fall wurde die Klasse S4 mit den oben genannten Werten gewählt, alternativ die Klasse S5.

Erfahrungen mit anderen Städten und Kommunen zeigen jedoch, dass schon aus Kostengründen im Zweifelsfall die Klasse mit jeweils niedrigerer Anforderung bevorzugt angesetzt wird, im hier untersuchten Beispiel wäre dies die Klasse S5.

Vergleicht man nun die Werte des Bestandes mit denen der DIN stellt man fest:

- Legt man die Beleuchtungsklasse S5 als Maßstab an, liegt die mittlere Beleuchtungsstärke ( $E_m$ ) bereits jetzt im Einzugsbereich der Anforderungen nach DIN 13201-1.
- Die minimale Beleuchtungsstärke ( $E_{min}$ ) erreicht die Anforderungen der DIN nicht ganz. Der Grund dafür liegt vor allem an den Mastabständen, die im Verhältnis zur Leistungsfähigkeit von Leuchtmittel und Reflektor (Leuchtkopf) sowie den Lichtpunkthöhen ( $L_{ph}$ ) zu groß sind. Dieser Umstand muß als historisch begründete Gegebenheit betrachtet werden, die auch bei allen zukünftigen Lösungen Probleme mit den gemäß DIN geforderten Gleichmäßigkeitswerten

erzeugen kann. Dies wird sich auch mit weiter entwickelter Reflektortechnik in neuen Leuchtköpfen mit vertretbarem Aufwand vielleicht verbessern, aber kaum ganz vermeiden lassen.

Zusammengefasst bedeutet dies, dass sowohl das eingesetzte Lichtsystem mit Natriumdampf-Hochdruck- und kompakter Leuchtstofflampe, als auch das berechnete Lichtergebnis den Anforderungen der DIN-Empfehlung entsprechen. Somit befindet sich die berechnete Beleuchtungsanlage konzeptionell auf Höhe der Zeit. Ein grundlegender Systemwechsel ist aus Sicht der Lichtplanung nicht zwingend notwendig.

### **3.2 Mögliche Alternativen für eine zukunftsfähige Verkehrsbeleuchtung**

Grundsätzlich wird für beide Anlagen vorausgesetzt, dass bei der Suche nach Alternativen die bestehenden Maststandorte erhalten bleiben. Schnittstelle einer zukünftigen Lösung ist der Netzauslass der Kabelanlage am Maststandort, die Kabelanlage selbst bleibt unberührt. Die Betrachtung richtet sich allein auf den Leuchtkopf sowie auf die Lichtpunkthöhe (mit entsprechenden Auswirkungen auf den Mast), soweit dies zu besseren Berechnungsergebnissen führen würde.

Für die Auswahl des Leuchtkopfes gilt zunächst, dass ganz grundsätzlich zu unterscheiden ist zwischen geeigneten konventionellen Leuchtmitteln und LED.

#### **3.2.1 Konventionelle Lichtsysteme**

Aus heutiger Sicht zukunftsfähig und daher hier zu nennen sind vor allem die Leuchtmittel aus den Familien der Natriumdampf-Hochdrucklampen (HS), der Halogen-Metalldampflampen (HI) mit der Spezialbauform der Cosmopolislampen (CPO) und nicht zuletzt der kompakten Leuchtstofflampen (TC).

Die Lampen der Familien HS, HI und CPO sind bezüglich ihres technischen Aufbaus, ihrer hohen Effizienz, ihrer Lebensdauer und ihrer Eigenschaften im Betrieb vergleichbar und daher grundsätzlich gleichermaßen geeignet. Das CPO-Leuchtmittel ist ein optimiertes HI-Leuchtmittel mit weißer (wahlweise auch gelbtoniger !) Lichtfarbe. Die Bezeichnung "Cosmopolis" ist eine Produktbezeichnung von PHILIPS. Ein Produkt mit ähnlichen Eigenschaften wird inzwischen auch von GE LIGHTING angeboten, was sich hoffentlich senkend auf die noch sehr hohen Kosten für die Beschaffung dieses Leuchtmittels auswirken wird.

Eine wichtige Einschränkung bei allen genannten Leuchtmitteln mit Ausnahme der TC-Leuchtmittel liegt in der systembedingt begrenzten Dimmfähigkeit auf maximal 65% der Leistungsaufnahme, aus der sich eine maximale Lichtstromabsenkung auf 50% der maximalen Lichtleistung ergibt.

Die dennoch vorhandenen Unterschiede zwischen HS, HI und CPO ergeben sich unter anderem aus der Verwendung unterschiedlicher Gase im Glaskolben des Leuchtmittels und wirken sich wie folgt aus:

- HS-Leuchtmittel sind das Standard-Leuchtmittel in der Straßenbeleuchtung. Sie erzeugen ein gelbtoniges Licht mit einer Farbtemperatur von 2000K (Kelvin) und einem Farbwiedergabe-

faktor von  $R_a < 25$ . Dies schlägt sich in einer eingeschränkten Wiedergabe der natürlichen Körperfarben nieder sowie, nach neuesten Untersuchungen, einer eingeschränkten Wahrnehmungsfähigkeit im Bereich des mesopischen Sehens und des peripheren Sehens („Sehen in der Dämmerung“ und „Sehen im Randbereich des Sehfeldes“). HS-Leuchtmittel finden in großer Zahl bereits Verwendung in der Lübecker Straßenbeleuchtung.

- HI-Leuchtmittel erzeugen ein weißes Licht mit wahlweise Farbtemperaturen zwischen 3000 und 4200K und einem Farbwiedergabefaktor von  $R_a > 80$ .

Dies wirkt sich gegenüber HS-Leuchtmitteln in einer deutlich besseren Farbwiedergabe und Wahrnehmungsfähigkeit im Bereich des mesopischen und peripheren Sehens aus.

- Das CPO-Leuchtmittel erzeugt ebenfalls Licht mit weißer Lichtfarbe mit den oben erwähnten Vorteilen, allerdings bei einer Farbwiedergabe von  $R_a \sim 60$ . Dieser Wert ist deutlich besser als bei HS-Leuchtmitteln, jedoch nicht so gut wie bei HI-Leuchtmitteln. Für die nächtliche Außenbeleuchtung ist dies dennoch vollkommen ausreichend.

Ein deutlicher Vorteil gegenüber HS- und HI-Leuchtmitteln liegt in den abweichenden Leistungsstufen dieses Leuchtmittels. So kann je nach Einzelfall ein CPO-Leuchtmittel mit 45 W häufig anstelle eines HS- oder HI-Leuchtmittel mit 50 W eingesetzt werden, was einer Energieersparnis von 10% entspricht. Cosmopolis ist allerdings ein neu entwickeltes Leuchtmittel, das sich am Markt noch nicht endgültig durchgesetzt hat. Vor einer Entscheidung für das CPO-System ist es daher ratsam, dies zu überprüfen, insbesondere bezüglich der Sicherung langfristiger Verfügbarkeit.

- Kompakte Leuchtstofflampen haben als Niederdruck-Leuchtmittel ein völlig anderes Funktionsprinzip, woraus sich andere Betriebseigenschaften ergeben. Sie erzeugen ebenfalls weißes Licht bei sehr guter Farbwiedergabe ( $R_a > 80$ ) und guter Effizienz. Temperaturoptimierte Sonderbauformen für den Außenbereich erreichen eine Lebensdauer von 25.000 h. Zudem sind TC-Leuchtmittel stufenlos zwischen 100 und ca. 3 % ihrer Lichtleistung dimmbar. Ein weiterer Vorteil liegt in der breiten Anzahl von Bauformen und Leistungsstufen im unteren Leistungsbereich, was für fast jeden Anwendungsfall eine passende Lösung ermöglicht.
- Bei allen konventionellen Leuchtmitteln ist die Auswahl des Leuchtkopfes mitentscheidend. Dieser muss optimal auf das zugehörige Leuchtmittel abgestimmt sein und eine optimale Lichtverteilung gewährleisten - bei gleichzeitiger Einhaltung ggf. geforderter Entblendungswerte. Optimale Betriebsleuchtenwirkungsgrade liegen im Bereich Straßenbeleuchtung bei Werten zwischen ca. 75 und 80%.  
Zudem muß eine sehr gute Alltagstauglichkeit bezüglich Handhabung im Wartungs- oder Revisionsfall dauerhaft gewährleistet sein.

### 3.2.2 LED-Systeme

Konventionelle Straßenbeleuchtung lässt sich inzwischen grundsätzlich durch LED-Technik ersetzen. LED-Technik bietet gegenüber konventioneller Lichttechnik u.a. folgende Vorteile:

- So steht nach dem Einschalten ohne Verzögerung die volle Lichtleistung zur Verfügung. Das bisher bekannte minutenlange Hochbrennen auf volle Lichtleistung entfällt. Zudem sind LED problemlos dimmbar zwischen 0 und 100%.

Bauartbedingt ermöglicht die LED-Technik Betriebsleuchtenwirkungsgrade von > 90%, womit sie konventioneller Leuchtentechnik deutlich überlegen ist.

LED-Licht ist inzwischen wahlweise in verschiedenen weißen Lichtfarben erhältlich, die sich an den gewohnten Lichtfarben konventioneller Leuchtmittel orientieren und kommt ohne UV- und IR-Anteile aus. Dies macht die LED-Technik zu einem sehr insektenfreundlichen Lichtsystem. Ein weiterer großer Vorteil liegt in der sehr langen Lebensdauer, die je nach Hersteller zwischen 50.000 und 120.000 h angegeben wird. Das entspricht einer potenziellen Nutzungsdauer von 12 bis 25 Jahren ! Einschränkend muß jedoch erwähnt werden, dass es dazu naturgemäß bisher keine Langzeiterfahrungen gibt. Die Angaben gründen sich auf hochgerechnete Streßtest-Ergebnisse aus dem Labor.

Den genannten Vorteilen stehen folgende Nachteile gegenüber:

- An erster Stelle zu nennen sind die hohen Investitionskosten für die Beschaffung. Diese müssen im Vergleich zu konventioneller Lichttechnik mit Faktor 2 bis 3 kalkuliert werden. Weiterhin erscheint die Verfügbarkeit von Ersatzteilen, insbesondere bezüglich defekter LED-Platinen über die gesamte Nutzungsdauer (bis zu 20 Jahren) ungewiss. Namhafte Hersteller arbeiten hier zwar an Lösungen, diese laufen bisher jedoch darauf hinaus, zukünftig leistungsstärkere LED's künstlich auf das Niveau der betroffenen Bestandsanlage zu drosseln. Ob dies beim derzeitigen Entwicklungstempo im LED-Bereich für bis zu 20 Jahre im Voraus tatsächlich zu alltagstauglichen Lösungen führt, ist aus heutiger Sicht schwer einzuschätzen.

### **3.3 Konkrete Beleuchtungsalternativen für den Brüder-Grimm-Ring**

Um zu konkreten Erkenntnissen für die beiden ausgewählten Bestandsanlagen zu kommen, wurden Lichtberechnungen sowie Kostenbetrachtungen möglicher Alternativen auf Basis der erläuterten Lichtsysteme durchgeführt und zwar je einmal mit einem LED-System und einer konventionellen Lösung.

#### **3.3.1 Lichtberechnung eines LED-Systems im Brüder-Grimm-Ring**

Das hier berechnete LED-System des Herstellers INDAL wurde ausgewählt da es zum einen im Vergleich zu vielen anderen Herstellern sehr kostengünstig ist und zum anderen eine garantierte Lebensdauer von 100.000 h aufweist. Insgesamt ergibt sich daraus ein Preis-Leistungsverhältnis, das für die Konkurrenzfähigkeit mit konventionellen Lösungen grundlegend ist.

Die Lichtberechnungen (siehe Anhang) im betrachteten Bereich ergeben folgende Werte:

Mittlere Beleuchtungsstärke $E_m$ :	3,7 – 5,5 lx
Minimale Beleuchtungsstärke $E_{min}$ :	0,1 – 0,8 lx

Die Ergebnisse der mittleren Beleuchtungsstärke  $E_m$  liegen im Bereich zwischen Beleuchtungsklasse S4 und S5. Die minimale Beleuchtungsstärke  $E_{min}$  liegt teilweise unterhalb der geforderten Werte (S5 fordert  $E_{min}$ : mind. 0,6 lx). Die Gründe dafür wurden bereits erläutert. Die teilweise Verbesserung des Wertes  $E_{min}$  auf 0,8 lx wurde durch eine Erhöhung der Lichtpunkte von 4,00 auf 5,00 m erreicht.

In diesem Ergebnis zeigt sich die lichttechnische Eignung der LED-Lösung als zukunftsfähige Beleuchtungsalternative. Die Unterschreitung der DIN-Werte bezüglich  $E_{min}$  müssen als gegeben hingenommen werden, wenn nicht ein größerer Umbau der Anlage unter Veränderung der Maststandorte in Kauf genommen werden will.

### **3.3.2 Lichtberechnung eines konventionellen Systems im Brüder-Grimm-Ring**

Im Bereich der konventionellen Lichtsysteme wurden die günstigsten Ergebnisse erzielt mit Cosmopolis (CPO) 45 W anstelle der bisher eingesetzten HST-50W-Lampen und kompakter Leuchtstofflampe (TC-TEL) 32 W anstelle der ebenfalls kompakten Leuchtstofflampe TC-L 24 W. Die Leistungserhöhung auf 32 W in Verbindung mit einer Erhöhung der Lichtpunkthöhe auf 5,00m wirkt sich günstig auf die Gleichmäßigkeitswerte gemäß der DIN-Forderung aus, verschlechtert jedoch leider die Energiewerte.

Die Lichtberechnungen (siehe auch im Anhang) im betrachteten Bereich ergeben folgende Werte:

Mittlere Beleuchtungsstärke $E_m$ :	3,4 – 3,6 lx
Minimale Beleuchtungsstärke $E_{min}$ :	0,3 – 0,7 lx

Die mittlere Beleuchtungsstärke  $E_m$  erfüllt damit die Anforderung der Beleuchtungsklasse S5. Die minimale Beleuchtungsstärke  $E_{min}$  liegt zwar unterhalb des geforderten Wertes von mind. 0,6 lx, jedoch nur in einem begrenzten Bereich.

Insgesamt ist das Beleuchtungsergebnis mit der konventionellen Alternative rechnerisch sogar etwas besser als bei der LED-Lösung, wenngleich dies in der Realität kaum spürbar wäre. Auch die konventionelle Variante ist demnach aus lichttechnischer Sicht eine zukunftsfähige Beleuchtungsalternative.

### **3.3.3 Kostenbetrachtung Brüder-Grimm-Ring**

Erfasst und verglichen wurden die reinen Betriebskosten des Bestandes (also ohne Investition, bzw. Investitionsrücklage) als Referenzwerte zu den Kosten der lichttechnisch untersuchten Beleuchtungsalternativen (hier natürlich mit Investition) mit folgenden Ergebnissen:

- Die Energiekosten des LED-Systems liegen bei ca. 50%, die des konventionellen Systems bei ca. 80% der Bestandsanlage.
- Die Investitionskosten für ein LED-System liegen um Faktor 2,6 höher als die Investitionskosten für das konventionelle Lichtsystem, alternativ für eine Erneuerung der Bestandslösung.
- Die Wartungskosten liegen beim konventionellen System etwa gleich hoch wie bisher im Bestand. Beim LED-System fallen keine Wartungskosten im Sinne der üblichen LM-Wechsel



an. Eine dennoch gelegentlich erforderliche, äußere Reinigung des Leuchtkopfes wurde hier nicht einkalkuliert.

- Die jährlichen Betriebskosten des LED-Systems liegen ohne Berücksichtigung der Investitionskosten und bei Ganznachtschaltung bei 35 % und inklusive Investitionskosten bei 102 % der aktuellen Betriebskosten im Bestand - in Teilnachtschaltung inkl. Invest nur bei 96 %.
- Die jährlichen Betriebskosten des konventionellen Systems liegen ohne Investitionskosten bei Ganznachtschaltung bei 101 % und inklusive Investitionskosten bei 127 % der Betriebskosten im Bestand. In Teilnachtschaltung würden die Betriebskosten ohne Invest bei 86 % und inkl. Invest bei 111 % liegen.

Zusammengefasst ist die Bestandsanlage sowohl lichttechnisch (soweit leistungsoptimierte HST-Leuchtmittel im Einsatz sind), als auch kostenmäßig noch auf Höhe der Zeit und zukunftsfähig. Den beträchtlichen Einsparpotentialen in der Energiebilanz durch den Einsatz von LED-Technik stehen leider hohe Investitionskosten gegenüber, deren Bewertung durch ergänzende kaufmännische Betrachtung erfolgen muß.

Alle Angaben der Kostenbetrachtung sind Nettokosten (ohne MwSt) und gelten unter folgenden Voraussetzungen:

- Die Energiekosten liegen bei 0,15 €/KWh. Energiepreissteigerungen würden sich nachhaltig zugunsten des relativ verbrauchsarmen LED-Systems auswirken.
- Das LED-System hat eine herstellergarantierte Lebensdauer von 100.000 h. Bei den heute noch verbreitet zugesicherten Lebensdauern von nur 50.000 h rechnet sich das Modell nicht.

#### 4.0 Bestandsanlage Seelandstraße

Die Seelandstraße ist eine Durchgangsstraße in einem Gewerbegebiet, teilweise auch Mischgebiet. Das Alter der Beleuchtungsanlage beträgt nach Angabe Stadtwerke Lübeck zwischen 15 und 30 Jahren. Als verwendeter Leuchtentyp kommt der bereits erwähnte Typ SGS 203 in den Bestückungen HST 70W und 100W zum Einsatz. Die wichtigsten Daten dazu nachfolgend:

Leuchtkopf:	SGS 203 / Hersteller: Philips
Anzahl:	13 Leuchtköpfe mit 100W Leistung 36 Leuchtköpfe mit 70W Leistung
Lichtpunkthöhe (Lph):	8,00m
Betrieb:	Ganznachtschaltung, teilweise Teilnachtschaltung
Leuchtmittel (LM):	Natriumdampf-Hochdrucklampe, 13 x HST/100 Watt und 36 x HST/70 Watt
Lebensdauer LM:	16.000 h
Kosten LM:	ca. € 15,00
Vorteile:	Sehr gute Effizienz (neueste Bauform)
Nachteile:	Gelbtonige Lichtfarbe (2000K) mit schlechter Farbwiedergabe (Ra < 25)

Auch in diesem Fall gilt, dass HST-Leuchtmittel in ihrer aktuellen Bauform zum Kreis der wirtschaftlichen Leuchtmitteln in der Straßenbeleuchtung zu zählen sind.

#### 4.1 Lichtberechnungen Seelandstraße / Bestand

Die Anlage ist der Beleuchtungssituation „Hauptstraße, Sammelstraße“ zuzuordnen, die nach DIN 13201-1 mit einem anderen Rechenmodell zu untersuchen ist. Daraus ergeben sich anders lautende Werte in anderen Größenordnungen als im zuvor betrachteten Brüder-Grimm-Ring mit nachfolgend dargestellten Beleuchtungsanforderungen

Beleuchtungssituation:	A2	Motorisierter Verkehr, Radfahrer, Fussgänger	
		< 7.000 Fzg. / Tag und ...	
		< 3 Kreuzungen / km	
Beleuchtungsklasse:	ME4a:	Lm	0,75 cd/m <sup>2</sup> (mittlere Leuchtdichte)
		U <sub>0</sub>	0,4 (Gesamtgleichmäßigkeit)
		UI	0,6 (Längsgleichmäßigkeit)
<i>alternativ:</i>	ME5:	Lm	0,5 cd/m <sup>2</sup>
		U <sub>0</sub>	0,35
		UI	0,4

Lichtberechnungen (siehe Anhang) im betrachteten Bereich ergeben im Bereich der 100-W-Bestückung den Nachweis der Klasse ME4a und im Bereich der 70-W-Bestückung der Klasse ME5. Somit erfüllt auch diese Bestandsanlage bezüglich eingesetztem Leuchtmittel und berechneten Lichtergebnissen heutige Anforderungen, so dass auch hier ein grundlegender Systemwechsel aus Sicht der Lichtplanung nicht erforderlich ist.

#### 4.2 Mögliche Beleuchtungsalternativen

Für Lichtberechnungen und Kostenbetrachtungen möglicher Beleuchtungsalternativen im Betrachtungsfeld Seelandstraße gelten die gleichen Voraussetzungen wie für die Untersuchung des Brüder-Grimm-Rings (siehe unter 3.2).

Untersucht wurde auch hier alternativ eine LED-Lösung und eine Lösung mit konventionellen System.

##### 4.2.1 Lichtberechnung eines LED-Systems in der Seelandstraße

Das hier untersuchten LED-System gehört zur gleichen Leuchtenfamilie wie bereits aus dem Brüder-Grimm-Ring bekannt, jedoch der größeren Lichtpunkthöhe angepasst mit stärkerer Lichtleistung. Diese wird erreicht durch eine Vergrößerung des Leuchtkopfes zur Aufnahme einer entsprechend höheren Anzahl von LEDs gleichen Typs und gleicher Leistung wie bei der kleineren Ausführung.

Die Ergebnisse der Lichtberechnung liegen im Bereich der ursprünglichen 100-W-Bestückung sehr knapp unterhalb der Beleuchtungsklasse ME4a, die Anforderungen der Klasse ME5 werden voll erfüllt. Auch im Bereich der bisher mit HST 70-W bestückten Leuchten entsprechen die

Berechnungsergebnisse den Vorgaben der Klasse ME5

Demnach zeigt sich auch hier die grundsätzliche lichttechnische Eignung der LED-Lösung als zukunftsfähige Beleuchtungsalternative.

#### **4.2.2 Lichtberechnung eines konventionellen Systems in der Seelandstraße**

Im Bereich der konventionellen Lichtsysteme wurden die günstigsten Ergebnisse erzielt mit Cosmopolis 60 W anstelle der bisher eingesetzten HST-100W / 70W Lampen.

Die Ergebnisse der Lichtberechnungen liegen auf nahezu gleichem Niveau wie die Ergebnisse der LED-Lösung: die Beleuchtungsklasse ME5 wird voll eingehalten, die Klasse ME4a im Bereich der 100-W-Bestückung sehr knapp verfehlt. Vermutlich wäre ME4a im Rahmen einer Feinplanung der Auslegerlängen sogar noch erreichbar.

Auch die konventionelle Variante mit Cosmopolis-Bestückung wäre demnach aus lichttechnischer Sicht eine zukunftsfähige Beleuchtungsalternative.

#### **4.2.3 Kostenbetrachtung Seelandstraße**

Erfasst und verglichen wurden wieder die reinen Betriebskosten des Bestandes (ohne Investition), als Referenzwerte zu den Kosten der lichttechnisch untersuchten Beleuchtungsalternativen mit folgenden Ergebnissen:

- Die Energiekosten des LED-Systems liegen bei ca. 69%, die des konventionellen Systems bei ca. 73% der Bestandsanlage. Die Werte liegen also nicht sehr weit auseinander.
- Die Investitionskosten für ein LED-System liegen um Faktor 3,5 höher als die Investitionskosten für das konventionelle Lichtsystem, alternativ für eine Erneuerung der Bestandslösung.
- Die Wartungskosten liegen beim konventionellen System mit Cosmopolis bei 145 % bezogen auf die Wartungskosten im Bestand. Dies liegt an Beschaffungskosten des Leuchtmittels, die mit ca. € 45,00 zur Zeit noch sehr hoch liegen (Faktor 3 gegenüber HST / HIT). Beim LED-System fallen bis auf die gelegentlich erforderliche, äußere Reinigung des Leuchtkopfes keine Wartungskosten im Sinne der üblichen LM-Wechsel an.
- Die jährlichen Betriebskosten des LED-Systems liegen ohne Berücksichtigung der Investitionskosten und bei Ganznachtschaltung bei 52 % und inklusive Investitionskosten bei 118 % der aktuellen Betriebskosten im Bestand - in Teilnachtschaltung inkl. Invest immernoch bei 111 %.
- Die jährlichen Betriebskosten des konventionellen Systems liegen ohne Investitionskosten in Ganznachtschaltung bei 90 % und inklusive Investitionskosten bei 109 % der Betriebskosten im Bestand. In Teilnachtschaltung würden die Betriebskosten ohne Invest bei 82 % und inkl. Invest bei 101 % liegen.

Zusammengefasst gilt für die Bestandsanlage Seelandstraße das gleiche wie für die Anlage Brüder-Grimm-Ring. Sie ist sowohl lichttechnisch (soweit leistungsoptimierte HST-Leuchtmittel im Einsatz sind), als auch kostenmäßig auf der Höhe der Zeit und zukunftsfähig. Die Bewertung der

ermittelten Kosten muß nun aus kaufmännischer Perspektive ergänzt werden.

Auch für diese Betrachtung gilt: Alle genannten Kosten sind Nettokosten (ohne MwSt) und gelten unter folgenden Voraussetzungen:

- Die Energiekosten liegen bei 0,15 €/Kwh. Energiepreissteigerungen würden sich nachhaltig zugunsten des relativ verbrauchsarmen LED-Systems auswirken.
- Das LED-System hat eine herstellergarantierte Lebensdauer von 100.000 h. Bei den heute noch verbreitet zugesicherten Lebensdauern von nur 50.000 h rechnet sich das Modell nicht.

## **5. Lichtsteueranlage**

Untersuchungen zufolge, die durch externe Fachleute für die Stadtwerke Lübeck durchgeführt wurden, befindet sich die Anlage für die Steuerung der Verkehrsbeleuchtung (TRA) technisch in ausgezeichnetem Zustand.

Eine offenbar diskutierte Umstellung auf Funksteuerung (EFR) würde gemäß oben genannter Untersuchung hohe Investitionen (ca. 1,5 Mio. €) sowie eine Erhöhung der jährlichen Betriebskosten von ca. € 90.000 auf ca. € 160.000 verursachen.

Da beide Systeme eindirektional arbeiten, d.h. keine Rückkoppelung des Empfängers zulassen, macht aus lichtplanerischer Sicht weder eine Erneuerung der gleichen Technik noch eine Umstellung auf EFR wirklich Sinn.

Steuerverfahren der Zukunft werden bidirektional ausgelegt sein, also eine Rückmeldung des Empfängers (z.B. Leuchte) erlauben. Daraus entstehen Einsparpotentiale für öffentliche Beleuchtung, die in der entsprechenden Literatur mit weiteren 30% - 40% eingeschätzt werden. Ermöglicht werden diese durch:

- optimierte Steuerungsmöglichkeiten (z.B. differenzierte Dimmung und Anpassung der Lichtleistung an den tatsächlich erforderlichen Bedarf), die sich jedoch nur mit dimmfähigen Leuchtmitteln, aus heutiger Sicht also LED und kompakte Leuchtstofflampen realisieren lassen.
- optimierte Wartungszyklen (nach tatsächlichem Verschleiß)
- zusätzliche Möglichkeiten für neue, abrechenbare Dienstleistungen, z.B.
  - Steuerung öffentlicher Gebäudetechnik
  - witterungsabhängige Steuerung von Beleuchtung, Straßenheizung, Dachrinnenheizung, ...
  - Steueraufgaben für gewerbliche und private Kunden
  - etc. ...

Aus Sicht der Lichtplanung empfiehlt es sich daher, die vorhandene Steueranlage (TRA) mit moderatem Aufwand zu erhalten und zu warten bis sich am Markt ein funktionsfähiges Steuersystem der nächsten Generation etabliert hat. Dann kann auf Basis eines bis dahin zu erarbeitenden Anforderungsprofils neu entschieden werden

## **6. Schlußfolgerungen**

- Aus Sicht der Lichtplanung und Kostenbetrachtung macht es Sinn, die Bestandsanlagen noch

möglichst lange zu nutzen. Sie sind konzeptionell noch immer konkurrenzfähig, zudem sind deutliche Einsparpotentiale durch neue Lichtsysteme bei Einbeziehung der Investitionskosten nur eingeschränkt zu erwarten.

- Lichtpunkthöhen bis max. 6,00m (Anliegerstraßen, Wohngebiete).  
Soweit Erneuerungsbedarf besteht, erscheint nach sorgfältiger Auswahl geeigneter Gebiete ein schrittweiser Einstieg in die LED-Technik schon heute als sinnvoll, wie Lichtberechnung und Kostenbetrachtung zeigen. Ein schrittweiser Einstieg ermöglicht es, mit kalkuliertem Einsatz Alltags- und vor allem Langzeiterfahrungen zu sammeln, um daraus Entscheidungs- und Planungssicherheit für zukünftige Schritte ableiten zu können. Zur Bewältigung der hohen Investitionskosten sollten (wenn möglich) Förderprogramme des Bundes oder der EU genutzt werden. Mit steigenden Energiekosten wird dieser Einstieg noch attraktiver, insbesondere bei stärkerer Nutzung mehrstufiger Teilnachtschaltungen.
- Lichtpunkthöhen über 6,00m (Hauptstraßen und große Verkehrsachsen).  
Hier ist die Bewertung weniger eindeutig. Deutlich geringere Energie- und Betriebskosten der LED-Lösung können die hohen Investitionskosten nicht ausgleichen, die Kosten sind insgesamt zu hoch.  
Aus heutiger Sicht macht LED in diesem Verwendungsbereich erst zukünftig Sinn, wenn
  - die Kosten für LED in den nächsten Jahren auf ein angemessenes Niveau sinken
  - die Lichtleistung auch für große Mastabstände und höhere Beleuchtungsklassen ausreichen
  - die Investition sich durch Nutzung von Förderprogrammen relativiert
  - und ergänzend: durch differenzierte Lichtsteuerung weitere Einspareffekte möglich werden.Bis dahin erscheint es aus Sicht der Lichtplanung sinnvoll, die Bestandsanlage mit moderaten Investitionen zu erhalten oder bei Erneuerung ganzer Teilgebiete konventionelle Lichtsysteme einzusetzen. Dafür geeignet wären nach konkreter Prüfung im Einzelfall neben HST-Technik wie bisher alternativ HIT oder Cosmopolis. Im Fall des Cosmopolis-Systems ist vorher die langfristige Verfügbarkeit zu prüfen sowie, im Kontext zu HST, die völlig andere Lichtfarbe zu beachten. Parallel ist die weitere LED-Entwicklung zu verfolgen, bis Lichtleistung und Preis/Leistungsverhältnis auch für höhere Lichtpunkthöhen attraktiv werden. Dies ist sicher allein eine Frage der Zeit.
- Um das Einsparpotential zukünftiger LED-Technologie voll nutzen zu können, ist der Bedarf für zukünftige Steueranlagen mit der Möglichkeit bidirektionaler Kommunikation abzuwägen. Bei solcher Überlegung muß unbedingt berücksichtigt werden, dass konventionelle Lichttechnik (mit Ausnahme von Leuchtstofflampen) für das Erschließen dieser Potentiale nicht geeignet ist, da die dafür erforderliche Dimmfähigkeit nicht ausreichend gegeben ist.

### Anlage 3

#### Abbildungen der Standardleuchtentechnik der Hansestadt Lübeck

<p>Standardleuchtentechnik für <b>Anliegerstraßen und Wohngebiete</b></p> <p>analysierte Bestandsanlage Brüder-Grimm-Ring</p>	<p>Standardleuchtentechnik für <b>Hauptverkehrsstraßen und Sammelstraßen</b></p> <p>analysierte Bestandsanlagen Brüder-Grimm-Ring Seelandstraße</p>
	
<p>Kegelserie 2020, Fabrikat Indal</p>	<p>Typ SGS 203, Fabrikat Philips</p>

## Anlage 4

### Energieinsparpotenzial für Abschaltungen von Gewerbegebieten nach 23.00 Uhr bis 5.00 Uhr

Gebiet	Nutzung	Straße	abschaltbare Leistung zw. 23:00 Uhr u. 5:00 Uhr						abschaltbare Leistung in W
			Typ 1 27W	Typ 1 39/27W	Typ 2 56W	Typ 2 76W	Typ 2 115W	Typ 2 115/56W	
			Anzahl der abschaltbaren Leuchten						
1	M	Herrenholz			34		8	9	3.328
1	M	Schwertfegerstraße			2	30			2.392
1	M	Grapengießerstraße	10		36				2.286
1	M	Leinweberstraße	8						216
1	M	Lohgerberstraße			16		1		1.011
1	M	Gürtlerweg	8	2					270
1	G	Steinmetzstraße			8				448
1	M	Spenglerstraße			48				2.688
1	M	Drechslerstraße			15				840
1	M	Roggenhorster Straße			29				1.624
1	M	Reepschlägerstraße			23				1.288
1	M	Stellmacherstraße			11				616
1	M	Sattlerstraße			5				280
1	M	Steinbrückerstraße			21				1.176
1	M	Zingießerstraße				3			228
1	M	Hutmacherring			6	21			1.932
1	M	Taschenmacherstraße			2	34			2.696
1	M	Kürschner Wende				5			380
1	M	Hofland						18	1.008
1	M	Bernsteindreherweg				8			608
1	M	Rapsacker			25				1.400
1	G	Lübschenfeld	5						135
2	G	Baltische Allee	28			28	9		3.919
2	G	Estlandring							Kostenträger KWL
2	G	Oslostraße							Kostenträger KWL
2	G	Aldermannweg							Kostenträger KWL
2	G	Novgorodstraße							Kostenträger KWL
2	G	Stockholmring							Kostenträger KWL
2	G	Peterhof							Kostenträger KWL
2	M	Revalstraße				11			836
2	M	Rigastraße				4			304
2	M	Malmöstraße			54			2	3.136
2	M	Hinter den Kirschkatzen			64				3.584
2	M	Kruppstraße				8			608
2	M	Siemensstraße			10				560
2	M	Zeißstraße				7			532
2	M	Walkmühlenweg	6						162
2	M	Henschelstraße	5						135
2	M	Hoeschstraße	5						135
2	M	Borsigstraße	16						432
2	M	Kaninchenborn	18						486
2	M	Bei der Gasanstalt				15			1.140
2	G	Geniner Ufer			15				840
2	G	Welsbachstraße			17				952
2	G	Hans-Böckler-Straße				10			760
3	G	Einsiedelstraße (Teilabschnitt)				11		4	1.060
3	G	Frankfurter Straße				3			228
3	G	Posener Straße			34	19			3.348
3	G	Warthestraße			1	10			816
3	G	Am Petroleumhafen			8				448
3	M	Zur Teerhofsinsel	19			19			1.957
3	G	Ratekauer Weg				9		1	740
3	M	Glashüttenweg			50	1			2.876
3	M	Lenardweg	5						135
3	M	Niels-Bohr-Ring	30						810
3	G	Hafenstraße (von Glashüttenweg)			6				336
3	M	Konstinstraße	2		4				278
3	M	Jerusalemsberg	11						297

Gebiet	Nutzung	Straße	abschaltbare Leistung zw. 23:00 Uhr u. 5:00 Uhr						abschaltbare Leistung in W
			Typ 1 27W	Typ 1 39/27W	Typ 2 56W	Typ 2 76W	Typ 2 115W	Typ 2 115/56W	
			Anzahl der abschaltbaren Leuchten						
4	M	Im Gleisdreieck			41				2.296
4	M	Grootkoppel			30				1.680
5	G	Alter Kühlturm	Kostenträger GGM						
5	G	Kohlenmühle	Kostenträger GGM						
5	G	Möllerung	Kostenträger GGM						
5	G	Masselbett	Kostenträger GGM						
5	G	Winderhitzer	Kostenträger GGM						
5	G	Dampfpfeife	Kostenträger GGM						
5	G	An den Werkstätten	Kostenträger GGM						
5	G	Zur Giesshalle	Kostenträger GGM						
			abschaltbare Gesamtleistung in W						62.676
			abschaltbare Stunden pro Jahr						2.150
			abschaltbare Arbeit pro Jahr in kWh						134.753
			brutto Arbeitspreis pro kWh in EUR						0,13792
			potenzielle Einsparung in EUR						18.585,32

Nicht berücksichtigt wurden innerstädtische Sammelstraßen durch Gewerbegebiete (z. B. Geniner Straße).

#### Legende

**Typ 1** Leuchte Kegelserie 2020 gem. Anlage 3

**Typ 2** Leuchte Typ SGS 203 gem. Anlage 3

**M** Mischgebiet

**G** Gewerbegebiet



