

Lichttechnische und energetische
Untersuchungen bei der Substitution von
gasbetriebener zur elektrischen Straßenbeleuchtung
im Land Berlin

Bachelorarbeit

im Studiengang Gebäudeenergie- und -informationstechnik

zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor of Engineering

an der
Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin

vorgelegt von

Robert Pries

Berlin, den 21.06.2010

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Betrachtung der grundlegenden lichttechnischen Gütemerkmale der Straßenbeleuchtung	3
2.1	Vorschriftenwerk für die Beleuchtung von Verkehrsstraßen, Wegen und Plätzen.....	3
2.1.1	Allgemeines.....	3
2.1.2	DIN 13201-1 Auswahl der Beleuchtungsklassen.....	4
2.1.3	DIN EN 13201-2 Gütemerkmale.....	4
2.1.4	DIN EN 13201-3 Berechnung der Gütemerkmale.....	5
2.1.5	DIN EN 13201-4 Methoden zur Messung der Gütemerkmale.....	5
3	Bestandsanalyse der gasbetriebenen Straßenbeleuchtung	6
3.1	Überblick über die verschiedenen Bauformen.....	6
3.1.1	Allgemeines.....	6
3.1.2	Modellleuchte.....	7
3.1.3	Gashängeleuchte.....	8
3.1.4	Gasaufsatzleuchte.....	9
3.1.5	Gasreihenleuchte.....	10
3.2	Grundlagen der Funktionsweise.....	11
3.3	Vor- und Nachteile.....	12
3.4	Lichtimmissionen.....	14
4	Untersuchung von verschiedenen Leuchtenvarianten auf Elektrobasis	16
4.1	Betrachtung der verschiedenen in Berlin eingesetzten Leuchtmitteltypen.....	16
4.2	Ansteuerungsmöglichkeiten der elektrischen Straßenbeleuchtung.....	18
4.2.1	Allgemeines.....	18
4.2.2	Tonfrequenz-Rundsteuertechnik.....	19
4.2.3	Funk-Rundsteuertechnik.....	19
4.3	Messtechnischer Vergleich der gegebenen Werte für die Straßenbeleuchtung auf Gas- und Strombasis.....	20
4.3.1	Allgemeines.....	20
4.3.2	Beschreibung der Straßen.....	21
4.3.3	Einordnung der Straßen nach DIN 13201.....	22
4.3.4	Erstellung der Bewertungsfelder.....	24
4.3.5	Auswertung der Messergebnisse.....	27
4.4	Berechnung der Gütemerkmale für die Brentanostraße.....	31
4.5	Berechnung der Gütemerkmale für die Földerichstraße mit den Leuchtenmodellen „Steglitz“ und „Rodan LED“.....	32
4.5.1	Allgemeines.....	32
4.5.2	Berechnung mit dem Leuchtenmodell „Steglitz“.....	32
4.5.3	Berechnung mit dem Leuchtenmodell „Rodan LED“.....	33
4.5.4	Auswertung der Berechnungen.....	33
4.6	Betrachtung des Umbaus der öffentlichen gasbetriebenen Straßenbeleuchtung auf der Földerichstraße.....	34

4.6.1	Energetische und lichttechnische Betrachtung.....	34
4.6.2	Betrachtung des Umbaus unter Kostengesichtspunkten.....	40
4.6.3	Zusammenfassende Betrachtung.....	43
4.7	Betrachtung des Umbaus der öffentlichen gasbetriebenen Straßenbeleuchtung im Land Berlin.....	44
4.7.1	Betrachtung des Umbaus unter Kostengesichtspunkten.....	44
4.7.2	Zusammenfassende Betrachtung des Energiebedarfs und der Kosten.....	46
4.8	Betrachtung der CO ₂ -Emissionen der gasbetriebenen und elektrischen Straßenbeleuchtung.....	47
5	Zusammenfassung und Ausblick.....	49
	Persönliche Erklärung.....	53
Anhang A	Leuchtmittelübersicht.....	54
Anhang B	Lichttechnische Grundgrößen.....	55
Anhang C	Gasbeleuchtungskarte Berlin.....	59
Anhang D	Lichttechnische Messungen.....	60
Anhang E	Berechnung der Gütemerkmale der Straßenbeleuchtung auf der Brentanostraße.....	92
Anhang F	Berechnung der Gütemerkmale der Straßenbeleuchtung auf der Förderichstraße in unterschiedlichen Varianten.....	98
Anhang G	Datenblatt der Gasaufsatzleuchte Rodan.....	113
Anhang H	Kostenangebote für den Umbau der Straßenbeleuchtung auf der Förderichstraße.....	114
Anhang I	Energiebedarf der Straßenbeleuchtungsvarianten für das Land Berlin vor und nach dem Umbau.....	118
Anhang J	Wirtschaftlichkeitsberechnungen für die unterschiedlichen Beleuchtungsvarianten.....	119

Kurzfassung

In der vorliegenden Bachelorarbeit wird der Umbau der gasbetriebenen zur elektrischen Straßenbeleuchtung im Land Berlin unter lichttechnischen und energetischen Gesichtspunkten untersucht. Des Weiteren werden finanzielle Aspekte und CO₂-Emissionen bei der Untersuchung mit betrachtet.

Nach der aktuell gültigen Normung werden zum einen verschiedene Beleuchtungsvarianten lichttechnisch vermessen, zum anderen mit der Lichtplanungssoftware DIALux simuliert. Die Berechnung des Energiebedarfs und der Kosten sowie die Betrachtung der CO₂-Emissionen der verschiedenen Beleuchtungsvarianten vervollständigt diese Untersuchung.

Die gemessenen und berechneten lichttechnischen Gütemerkmale, die energetischen und finanziellen Resultate sowie der Aspekt der CO₂-Emission werden systematisch analysiert und hinsichtlich des erforderlichen Kapitaleinsatzes verglichen und bewertet.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Bachelorarbeit wurde der Umbau der gasbetriebenen zur elektrischen Straßenbeleuchtung im Land Berlin unter lichttechnischen, energetischen und finanziellen Gesichtspunkten untersucht. Des Weiteren wurde der Aspekt der CO₂-Emission bei der Ausarbeitung mit betrachtet.

Um die lichttechnischen Gegebenheiten zu erfassen, wurde eine Straße mit gasbetriebener und eine mit elektrisch betriebener Straßenbeleuchtung lichttechnisch vermessen. Beide Straßen weisen ähnliche Eigenschaften auf, so dass die Vergleichbarkeit der Messergebnisse gegeben ist. Diese Messungen ergaben, dass die lichttechnischen Güte Merkmale der aktuell gültigen Normung nicht erfüllt werden. Um zu prüfen, inwieweit die Messergebnisse der gasbetriebenen Straßenbeleuchtung der ausgewählten Straße typisch für gasbetriebene Straßenbeleuchtung sind, wurden vier weitere Straßen lichttechnisch vermessen. Diese Messreihen bestätigen die zuvor ermittelten Werte. Somit werden die aktuell gültigen lichttechnischen Anforderungen von gasbetriebener Straßenbeleuchtung nicht erfüllt.

Es wurde nun ein Szenario untersucht, bei dem die gasbetriebene zur elektrischen Straßenbeleuchtung umgebaut wird. Dabei wurde die aktuell gültige Normung berücksichtigt mit dem Resultat, dass die Lichtpunktanzahl der elektrischen Straßenbeleuchtung um 11 % erhöht werden muss, um die Anforderungen der aktuell gültigen Normung zu erfüllen. Mit diesen Werten wurde der nach einem Umbau zu erwartende Energiebedarf für die als Referenz ausgewählte Straße berechnet. Dabei hat sich ein sehr großes Einsparpotential bezogen auf den Energiebedarf der gasbetrieben zu der elektrischen Straßenbeleuchtung ergeben. Mit den ermittelten und zu erwartenden finanziellen Belastungen wurde eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für den Umbau der gasbetriebenen Straßenbeleuchtung für das Land Berlin durchgeführt. Diese berücksichtigt betriebsgebundene, bedarfsgebundene und kapitalgebundene Kosten.

Aus der gesamten Untersuchung ergaben sich folgende Resultate:

- + sehr großes Energieeinsparpotential
- + große CO₂-Emissionsreduzierung während des Betriebes der Leuchten

- sehr hohe Investitionskosten für den Umbau

Die Investitionskosten sind sehr viel größer als die Kostenreduzierung aufgrund der günstigeren Energieeffizienz der elektrischen Straßenbeleuchtung. Deshalb ist ein Umbau der gasbetriebenen zur elektrischen Straßenbeleuchtung im Land Berlin nicht wirtschaftlich darstellbar und ein Umbau der gesamten gasbetriebenen Straßenbeleuchtung, vor allem in kurzer Zeit, unrealistisch.

In der heutigen Zeit der immer mehr schwindenden Primärenergieressourcen ist eine energieeffiziente Straßenbeleuchtung allerdings genauso wichtig wie die Reduzierung der CO₂-Emissionen, da CO₂ ein schädliches Treibhausgas ist und zur Erwärmung der Erdatmosphäre beiträgt. Das Land Berlin als Hauptstadt der Bundesrepublik Deutschland, hat gerade in den Bereichen Energieeinsparung, Reduzierung der CO₂-Emissionen und Haushaltung mit den finanziellen Mitteln eine Vorbildfunktion für andere Kommunen. Deshalb sollte ein Vorgehen gewählt werden, welches einen schrittweisen Umbau der Straßenbeleuchtung vorsieht. Dabei ist zu analysieren, welche Lichtpunkte der gasbetriebenen Straßenbeleuchtung aus Gründen der Sicherheit des Straßenverkehrs umgehend zu erneuern bzw. umzubauen sind und welche Lichttechnik in diesen Lichtpunkten verbaut werden sollte. Hierbei zeichnet sich eine Entwicklung ab, bei der die LED-Technik - bei gleichzeitig günstigeren Herstellungskosten - technisch leistungsfähiger wird. Mit moderner LED-Technik wird es möglich, das äußere Erscheinungsbild und die Lichtfarbe einer gasbetriebenen Straßenleuchte sehr genau zu imitieren. Mit Blick auf diese noch junge Lichttechnik ist festzustellen, dass gerade für Außenbeleuchtungszwecke in der LED-Technik ein großes Potential liegt. Dieses Thema könnte im Zusammenhang mit der Fragestellung der CO₂-Emissionen und der Optimierung der elektrischen Straßenbeleuchtung im Rahmen weiterführender Arbeiten untersucht werden.

Bei allen Veränderungen sollte jedoch bedacht werden, dass die gasbetriebene Straßenbeleuchtung, die im Land Berlin seit mehr als 180 Jahren existiert, ein Kulturgut darstellt, das - zumindest in Teilen - erhalten werden sollte.