

<b>Vorlage</b> Federführende Dienststelle: Fachbereich Stadtentwicklung und Verkehrsanlagen Beteiligte Dienststelle/n:	Vorlage-Nr: FB 61/0343/WP17 Status: öffentlich AZ: Datum: 23.12.2015 Verfasser: Dez. III / FB 61/700	
<b>Straßenbeleuchtungsanlagen Einsatz von LED</b>		
Beratungsfolge: <span style="float: right;">TOP: __</span>		
Datum 20.01.2016	Gremium B 5	Kompetenz Kenntnisnahme

**Beschlussvorschlag:**

Die Bezirksvertretung Laurensberg nimmt zur Kenntnis, dass der Mobilitätsausschuss am 3. Dezember 2015 auf Basis der beigefügten Vorlage folgenden Beschluss gefasst hat.

Der Mobilitätsausschuss nimmt den Bericht der Verwaltung zur Kenntnis und beauftragt die Verwaltung gemeinsam mit der STAWAG einen Umrüstungsplan zur Umstellung des Leuchtentyps Maiglöckchen auf LED mit 4.000 °K zu erstellen. Die für die Umrüstung eingesparten Haushaltsmittel aus dem Haushaltsjahr 2015 werden übertragen. Der entsprechende Umrüstungsplan ist haushaltsneutral zu erstellen.

**finanzielle Auswirkungen**  
**PSP-Element 4-120102-903-8**

<b>Investive Auswirkungen</b>	Ansatz 2015	Fortgeschriebe- ner Ansatz 2015	Ansatz 2016 ff.	Fortgeschriebe- ner Ansatz 2016 ff.	Gesamt- bedarf (alt)	Gesamt- bedarf (neu)
Einzahlungen	0	0	0	0	0	0
Auszahlungen	0	0	0	0	0	0
Ergebnis	0	0	0	0	0	0
<b>+ Verbesserung / - Verschlechterung</b>	<i>0</i>		<i>0</i>			
	Deckung ist gegeben/ keine ausreichende Deckung vorhanden		Deckung ist gegeben/ keine ausreichende Deckung vorhanden			

<b>konsumtive Auswirkungen</b>	Ansatz 2015	Fortgeschriebe- ner Ansatz 2015	Ansatz 2016 ff.	Fortgeschriebe- ner Ansatz 2016 ff.	Folgekos- ten (alt)	Folgekos- ten (neu)
Ertrag	0	0	0	0	0	0
Personal-/ Sachaufwand	238.284,49	238.284,49	0	0	0	0
Abschreibungen	0	0	0	0	0	0
Ergebnis	0	0	0	0	0	0
<b>+ Verbesserung / - Verschlechterung</b>	<i>0</i>		<i>0</i>			
	Deckung ist gegeben		Deckung ist gegeben			

Die Maßnahme Straßenbeleuchtung ist im Haushaltsjahr 2015 unter dem konsumtiven PSP- Element 4-120102-903-8 „Erneuerung Straßenbeleuchtung“ mit Mitteln i. H. v. 238.284,49 € eingeplant.

Diese Mittel stehen für die Umsetzung der Maßnahmen bereit.

Für die Erneuerung der Straßenbeleuchtung wird im Haushaltsjahr 2015 mit Kosten i. H. v. ca. 140.000 € gerechnet.

Die eingesparten Mittel in Höhe von 98.284,49 € werden zur Umstellung des Leuchtentyps Maiglöckchen auf LED mit 4.000 °K genutzt.

## **Erläuterungen:**

### **Einleitung**

Die Stadt Aachen hat 1997 die Straßenbeleuchtung an die STAWAG übertragen.

Derzeit existieren 22.000 Lichtpunkte mit unterschiedlichen Leuchttypen in Aachen.

In den vergangenen Jahren wurde mehrfach angeregt, die laufenden Kosten der Beleuchtung zu senken. Ein Element zur Reduzierung der Lichtpunkte und des spezifischen Stromverbrauchs ist die Umrüstung auf LED. Die STAWAG hat daher zusammen mit der Stadt Aachen im Zuge der Modernisierung und Optimierung der Straßenbeleuchtung die Ausstattung mit LED untersucht und stellenweise bereits umgerüstet. Ziel der LED-Beleuchtung ist ein langfristiges finanzielles Einsparpotential mit gleichzeitiger Optimierung der Technik und mehr Sicherheit für die Verkehrsteilnehmer. In der Sitzung Ausschuss für Arbeit, Wirtschaft und Wissenschaft am 17.03.2010 wurde das Thema LED-Technik in der Straßenbeleuchtung diskutiert und als nachhaltige Lösung in der Beleuchtung erkannt.

Der Ausschuss beschloss, die „...Bestrebungen der STAWAG hinsichtlich der Schaffung nachhaltiger Beleuchtungslösungen“ zu unterstützen.

In den letzten Monaten wurde allerdings Kritik an der neuen LED Beleuchtung geäußert.

### **Ausgangslage**

#### **Auswahl von Leuchten und Leuchtmitteln**

Die Auswahl der in den Leuchten eingesetzten Leuchtmittel erfolgt jeweils entsprechend dem aktuellen Stand der Technik hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Energieeffizienz. Dadurch ist es möglich, dass Leuchten derselben Gehäuseform oder Serie mit unterschiedlichen Leuchtmitteln bestückt sind. Bei dekorativen Leuchten steht anders als bei den Standardleuchten die Wirtschaftlichkeit und Langlebigkeit im Vordergrund. Die Auswahl neuer Leuchten erfolgt jeweils in Zusammenarbeit mit der Stadt Aachen.

Alle im Stadtgebiet eingesetzten Leuchten werden mit einheitlichen Lichtraumprofilen berechnet, damit ein Vergleich unterschiedlicher Hersteller hinsichtlich eines effizienten Einsatzes möglich ist. Bei dem geplanten Einsatz neuer Leuchten oder einem Technologiewandel, der eingesetzten Leuchtmittel, erfolgt neben der Berechnung auch eine Beleuchtungsprobe auf einer speziell angelegten Messstrecke. Die Beleuchtungsprobe dient der Verifizierung der durch den Hersteller angegebenen Daten unter realen Bedingungen.

Darüber hinaus werden noch umweltrelevante Kriterien wie z.B. das Recycling der Leuchten und gestalterische Merkmale wie die Verfügbarkeit der Leuchten in mehreren Baugrößen bei der Auswahl berücksichtigt.

# Leuchtmittel in LED

Kriterien zur Auswahl von Leuchtmitteln:

## **Farbtemperatur** Kelvin [K]

Mit der Farbtemperatur kann die Wirkung der Lichtquelle subjektiv größer bestimmt werden. Je kälter die Farbtemperatur desto größer ist die Wahrnehmung von Kontrasten.

### Warmweiß:

Farbtemperatur 2700-3200 °Kelvin

### Neutralweiß:

Farbtemperatur 4000-5000 °Kelvin

### Kaltweiß:

Farbtemperatur 5000-6500 °Kelvin

## **Farbwiedergabe** in % (wichtig im Bereich der Gesichtserkennung)

Eine Lichtquelle, deren Licht alle Spektralfarben enthält, z. B. das Sonnenlicht, lässt die Farben der beleuchteten Gegenstände natürlich aussehen - die Farbwiedergabe ist optimal. Unter Lichtquellen, deren Licht eine ungleichmäßige Verteilung der Spektralfarben enthält werden auch die Farben beleuchteter Gegenstände unnatürlich wirken - hier ist die Farbwiedergabe schlechter.

## **Wirkungsgrad** Lumen / Watt [lm/W]

Der Wirkungsgrad ist die Effizienz bei einer Energieumwandlung.

Das Verhältnis zwischen der aufgewandten / zugeführten Energie (Strom) und der nutzbaren Energie (Licht). Die Energie kann im System nicht verloren gehen (Energieerhaltungssatz), aber sie wird umgewandelt z.B. in Wärmeenergie.

## **Energieeffizienz**

Der Energieaufwand zur Erreichung eines festgelegten Nutzens. Der Vorgang ist dann effizient, wenn der gewünschte Effekt mit minimalem Energieaufwand erreicht wird.

## **Allgemein**

Der Einsatz der Leuchtmittel hat sich seit Übernahme der Straßenbeleuchtung im Jahr 1997 unter Berücksichtigung der oben dargestellten Kriterien wie folgt entwickelt:

Seit 1997 werden im Stadtgebiet keine Quecksilberdampflampen mehr eingesetzt. Diese hatten eine Farbtemperatur von 4.300 °K und einen Farbwiedergabeindex von ~ 57 %. Der Wirkungsgrad lag bei 40 bis 60 lm/W. Ein offizielles Verbot der Quecksilberdampflampen ist 2015 in Kraft getreten.

Im Zeitraum von 1997 bis 2006 wurden ausschließlich Natriumhochdrucklampen eingesetzt. Im Zuge der Wartungsarbeiten wurden vorhandene Leuchten mit Quecksilberdampflampen durch Natriumhochdrucklampen ersetzt, die eine Farbtemperatur von 2.000 °K (gelbliches Licht) und einen Farbwiedergabeindex von 20 % haben. Der Wirkungsgrad mit 80 bis 100 lm/W liegt deutlich über den früher eingesetzten Leuchtmitteln.

Seit 2006 wurde, soweit technisch möglich, die weiterentwickelte weiße Natriumhochdrucklampe Cosmo Polis eingesetzt. Die Lampen haben neutralweißes Licht mit einer Farbtemperatur von 4.000°K und einen Farbwiedergabeindex von 75 %. Der Wirkungsgrad liegt mit 100 bis 120 lm/W nochmal höher gegenüber den traditionellen Natriumhochdrucklampen.

Durch die Weiterentwicklung der LED-Technik werden aktuell in Beleuchtungsanlagen Leuchtmittel in LED-Technik eingesetzt. Die hierbei gewählte Lichtfarbe neutralweiß entspricht der Lichtfarbe der in Aachen bereits eingesetzten Gasentladungslampen Quecksilberdampf und Cosmo Polis. Der große Vorteil der LED Technik der aktuellen Generation, welche seit Juli 2015 eingesetzt wird, ist neben der Langlebigkeit, die Regelbarkeit, durch welche der Energiebedarf der Beleuchtungssituation angepasst werden kann. Diese Leuchtmittel haben eine Farbtemperatur von ~ 4.000 °K und einen Farbwiedergabeindex von > 80 %. Der Wirkungsgrad liegt bei 90 bis 140 lm/W.

Der Leistungsbedarf der LED hängt von der Farbtemperatur der verschiedenen LED ab und schwankt je nach eingesetztem Netztreiber und LED art.

### **Umrüstung von Beleuchtungsanlagen auf LED**

In der Vergangenheit wurden die Leuchtmittel bei Neubaumaßnahmen und Wartungen jeweils dem aktuellen Stand der Technik angepasst, so dass ein Wechsel zur LED-Technik nur punktuell stattfindet und deshalb noch kein großes Potential hinsichtlich Energieeinsparung und effizienterer Ausleuchtung bietet. Beispielsweise liegt die Stromersparnis gegenüber den in den letzten Jahren eingebauten Natriumhochdruckleuchten bei 10%. Das größte Potential zur Einsparung von Strom und Anzahl an Lichtpunkten durch effizientere Ausleuchtung bieten aktuell die Leuchte „Maiglöckchen“, die derzeit ca. 1.600 umrüstbare Lichtpunkte umfassen. Es ist deshalb vorgesehen, diese innerhalb der kommenden Wartungszyklen (bis einschließlich Ende 2018) in LED-Technik umzurüsten. Des Weiteren erfolgt im Zuge eines Straßenvollausbaus eine Überprüfung, ob eine Umstellung der vorhandenen Beleuchtung auf LED sinnvoll ist.

### **Nachtwirkung unterschiedlicher Leuchten**

Die Nachtwirkung lässt sich in der Vorlage in Schwarz-weiß-Druck nur unzureichend abbilden. Sie wird im Ausschuss durch Fotos dargestellt.

## Übersicht der seit 1997 eingesetzten Leuchtmittel Tabelle 1

Jahrgang	Lampentyp	Leuchtentyp	Licht- farbe °K	Farb- wieder- gabe	Gesichts- erkennbar- keit	Wirkungs- grad lm/W (inkl. Treiber)	Anmerkung
< 1997	Quecksilber- dampf	alle	4.300 Neutral- weiß	57%	+	40 - 60	Offizielles Verbot seit 2015
>1997 < 2006	Natriumhoch- druck	technischen Leuchten	2000 Warm- weiß	20%	--	80 - 100	
>1997 < 2014	Natriumhoch- druck*	Maiglöckchen Thorn	2000 Warm- weiß	20%	--	80 - 100	
>2006	Natrium- hochdruck Cosmo Polis	LPH > 6,0m dekorative Leuchten technischen Leuchten	4.000 Neutral- weiß	75%	+	100 - 120	
> 2014	LED – weiß**	Maiglöckchen Kofferleuchten bis LPH 4,5 / 6,0m	4.000 Neutral- weiß	> 80%	++	90 – 140	

\* siehe Nachtwirkung Bild 1 / 1.1 \*\* siehe Nachtwirkung Bild 2 / 2.1

## Einsparpotentiale, finanzielle Aspekte

### Allgemein

- a) Nachtabsenkung / Dimmen
- b) Brennstundenreduzierung
- c) Standard Modelle anstatt Sonderleuchten
- d) Abschaltung jeder zweiten Lampe
- e) Abbau vorhandener Leuchten, die als entbehrlich angesehen werden
- f) Lichtcontracting
- g) Umrüstung auf LED

### Einsparpotentiale bei den Maiglöckchen

Begonnen wurde im Jahr 2014 mit der Umrüstung „Maiglöckchen“ auf LED-Hängeleuchten im Baugebiet Richterich Schönauer Friede. Dort wurde 2014 eine Umrüstung der ersten 192 Leuchten auf Neutralweiße LED-Technik mit 4000 °Kelvin vorgenommen.

Bis 1997 wurden die Maiglöckchen (Fuga II) eingebaut. Für eine normgerechte Ausleuchtung der Verkehrsfläche waren durchschnittlich Lichtpunktabstände zwischen 15 und 16 m erforderlich.

Insgesamt wurden ca. 1.600 „Maiglöckchen“ im Stadtgebiet verbaut.

Ab 1997 wurden aufgrund des technischen Fortschritts deutlich effizientere Leuchten eingesetzt (Maiglöckchen Thorn) die bei 30 % geringerer Anschlussleistung Lichtpunktabstände zwischen 28 und 32 m für eine normgerechte Ausleuchtung der Verkehrsfläche möglich machten.

Bei den „Maiglöckchen“ ist aufgrund der vorab beschriebenen, bestehenden Lichtpunktabstände oftmals kein 1:1 Austausch der Leuchten notwendig, da durch den Einsatz der LED-Technik ein wesentlich höheres Beleuchtungsniveau bei insgesamt geringerer Anschlussleistung erreicht wird. Hierdurch ist die Reduzierung der Leuchten bei gleichzeitiger Optimierung der Ausleuchtung möglich. Durch Reduzierung der Beleuchtungsmaste werden neben den Einsparungen durch die geringere Anschlussleistung der LED-Leuchten langfristig weitere Einsparungen bei den Unterhaltungskosten generiert.

### **Musterkalkulation für die Reduzierung von Leuchten**

In der Praxis hat sich herausgestellt, dass eine detaillierte Berechnung der Ausleuchtung der einzelnen Straßen vor einer Umrüstung auf LED-Technik extrem aufwendig ist, ebenso ist es nicht möglich die vorhandenen Reflexionsflächen, vorhandene Bebauung, parkende Fahrzeuge, Bäume etc. in die Berechnung mit einzubeziehen. Daher erfolgt die Umrüstung der Hängeleuchten auf LED-Technik für die ausgewählten Straßen im Vorfeld 1:1. Der finanzielle Aufwand liegt dabei bei der STAWAG mit 630 € je Lichtpunkt. Im Nachgang werden in den betroffenen Straßen nachts Beleuchtungsmessungen durchgeführt und ermittelt welche Lichtpunkte zukünftig unter Einhaltung der Verkehrssicherungspflicht abgebaut werden können. Die Abbaukosten mit 600 € pro Leuchte muss die Stadt bezahlen. Die Überprüfung im Beispielgebiet Schönauer Friede hat ergeben, dass von 192 auf LED-Technik umgerüsteten Lichtpunkten aufgrund des verbesserten Beleuchtungsniveaus, unter Einhaltung der Verkehrssicherungspflicht, 30 Maste entfernt werden können. Dies entspricht etwa 15 % Reduzierung.

Bei einer Umrüstung von aktuell rund 1.600 „Maiglöckchen“ im Stadtgebiet auf LED-Technik könnten hieran gemessen voraussichtlich im Wartungszyklus der kommenden 4 Jahre ca. 200 bis 250 Maste abmontiert werden und damit das Betriebsführungsentgelt Straßenbeleuchtung um je 160 € brutto jährlich reduziert werden. In diesem Betrag sind sowohl alle Betriebs-, Unterhaltungs- und Erneuerungskosten als auch Kosten für den Ersatz, Instandhaltung, Reparaturen, Beseitigung von Vandalismus- und Unfallschäden des Lichtpunktes enthalten. Das Nennentgelt je Lichtpunkt enthält die anfallenden Kosten für die Instandhaltung des erforderlichen Versorgungsnetzes. Da bei der Reduzierung von Lichtpunkten die Netzlänge gleich bleibt, fallen die Unterhaltungs- und Erneuerungskosten für das betroffene Beleuchtungsnetz auch weiterhin an.

### **Investitionskosten zur Optimierung**

Die Umrüstung der Lichtpunkte mit LED-Technik führt zu Einsparungen im Rahmen des Betriebs und der Unterhaltung (z.B. Stromkosten, Veränderung der Wartungszyklen). Demgegenüber sind die deutlich höheren Anschaffungskosten für Leuchten in LED-Technik zu stellen. Die im jeweiligen Nennentgelt der entsprechenden Anlagenkategorie nicht enthalten sind und gesondert vergütet werden.

Maiglöckchen Fuga waren 1997 zu einem Preis von 145 € zu beschaffen. Dagegen kosten Maiglöckchen Hellux (3. Generation) aktuell 595 €, begründet durch, hochwertige lichttechnische und elektrische Komponenten.

Beim Einsatz von Leuchten mit einer Farbtemperatur von 3.000 Kelvin (Warmweiß) müsste ein neuer überarbeiteter Leuchten Typ (4. Generation) zu höheren Kosten eingebaut werden. Eine Änderung der Lichtfarbe auf 3.000 Kelvin (Warmweiß) ist hinsichtlich der umweltrelevanten Gesichtspunkte wie Energieeffizienz, Stromverbrauch, einheitliche Lichtfarbe sowie des derzeitigen bundesweiten Standards von LED Straßenbeleuchtung von 4.000 Kelvin (Neutralweiß), nicht sinnvoll.

Die vertraglich festgesetzten Nennentgelte sind im Rahmen der jährlichen Preisgleitung des Betriebsführungsvertrags lediglich um 44,3 % seit 1997 angestiegen. Der Anschaffungspreis der Leuchten jedoch um 410 %. Entsprechend höhere Anschaffungskosten für den Einsatz fortschrittlicher Technologien sind ausschließlich durch Optimierungen im Rahmen der Betriebs- und Unterhaltungskosten durch die STAWAG zu kompensieren.

Beschaffungskosten der Hängeleuchten ohne Montage in Euro brutto:

Generation 1 FUGA*	Quecksilberdampf	80 W / 125 W	145 €	364 kWh /Jahr
	Natriumhochdruck	70 W / 110 W		
Generation 2 Thorn**	Natriumhochdruck	50 W	420 €	258 kWh /Jahr
Generation 3 Hellux***	LED regelbar	15 - 30 W	595 €	123 kWh /Jahr

\* offene Leuchte ohne Reflektor ohne IP Schutz

\*\* geschlossene Leuchte Glasabdeckung, Natriumhochdrucklampe, Zündgerät, IP 45

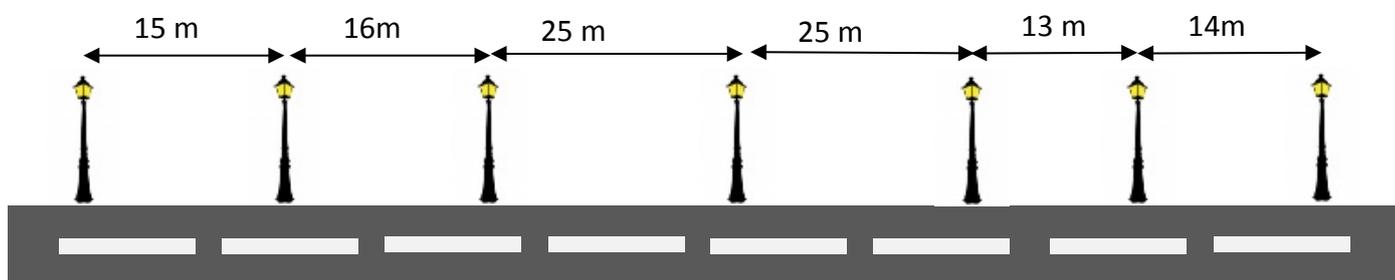
\*\*\* geschlossene Leuchte, LED Modul, elektronisch regelbares Steuergerät, IP 56  
 der Leistungsbedarf 15 W gilt für Mastabstände ~ 15 bis 18 m (kein Rückbau möglich)  
 der Leistungsbedarf 30 W gilt für Mastabstände ~ 30 m (Rückbau im Einzelfall möglich)

Die reinen Aufwendungen für die Demontage eines durch den Einsatz von LED-Technik überflüssig gewordenen Lichtpunkts betragen je Lichtpunkt überschläglich rund 600 € brutto. Dies ist ein grober Richtpreis, der von den jeweiligen erforderlichen Tiefbaukosten (Oberfläche des Beleuchtungsstandort befestigt / unbefestigt) und Kabelklemmarbeiten abhängig ist und je Einzelfall betrachtet werden muss. Die Ausbaurkosten sind durch die Stadt Aachen zu tragen, da diese eine Leistungserbringung außerhalb des Betriebsführungsvertrages darstellen.

## Beispiel Richterich Schönauer Friede

Nachfolgende schematische Darstellung, angelehnt an das Beispielgebiet, zeigt das mögliche Einsparpotential in einer Straße auf.

### Planstraße vor Umrüstung der Hängeleuchten auf LED-Technik:

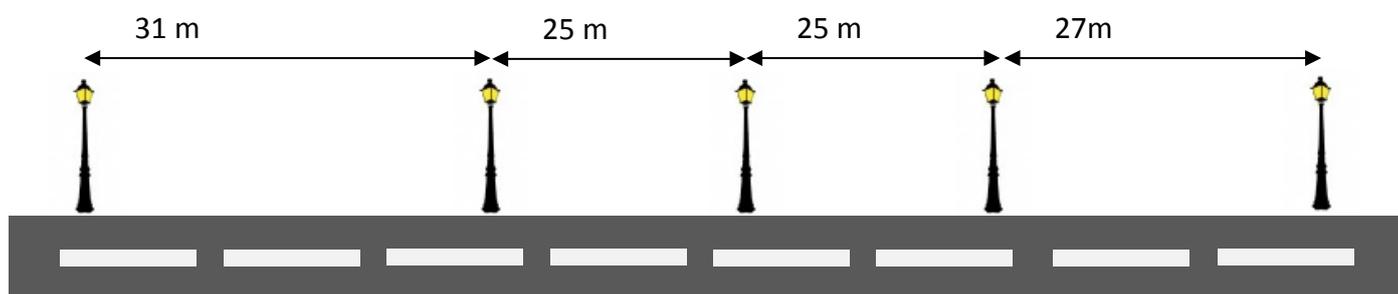


Die Lichtpunkte der Wohnstraße bestanden vor Umrüstung aus:

5 Lichtpunkten mit Hängeleuchten der	1. Generation FUGA 2 SON 70 W
2 Lichtpunkten mit Hängeleuchten der	2. Generation Hellux SON T 50 W

Wartungsentgelt pro Jahr:	1.120 € brutto
Stromnebenkosten pro Jahr:	216 € brutto
Stromverbrauch pro Jahr:	2.150 kWh
CO <sub>2</sub> – Ausstoß:	1.291 kg

### Planstraße nach Umrüstung der Lichtpunkte auf die Hängeleuchte mit LED-Technik:



Aufgrund der LED Beleuchtung kann die Anzahl der Lichtpunkte dezimiert werden. Somit sind zukünftig für die normgerechte Ausleuchtung der Wohnstraße 5 Lichtpunkte mit Hängeleuchten der 3. Generation LED 15-30 W regelbar.

Wartungsentgelt pro Jahr:	800 € brutto
Stromnebenkosten pro Jahr:	56 € brutto
Stromverbrauch:	550 kWh (durchschnittliche Leistung LED 27 W)
CO <sub>2</sub> – Ausstoß:	332 kg

### Einsparpotential für 2 ausgebaute Lichtpunkte bezogen auf die Planstraße:

eingesparte Nennentgelte:	320 € brutto
eingesparte Stromnebenkosten:	160 € brutto
Summe Einsparungen	480 € brutto
eingesparter CO <sub>2</sub> – Ausstoß:	960 kg

### Ausgaben der STAWAG / Stadt Aachen zur Umrüstung auf LED-Technik in der Planstraße

Investition Umrüstung LED-Leuchte STAWAG (5 Lichtpunkte)	3.150 € brutto
- zu tragen durch das Betriebsführungsentgelt der STAWAG	
Kosten Ausbau Stadt AC (2 Lichtpunkte)	1.200 € brutto
- durch die Stadt Aachen gesondert an die STAWAG zu vergüten	

- Bei einer geplanten Umrüstung der Mastkategorie Bogenmasten mit Leuchte „Maiglöckchen“ auf LED-Technik mit der Lichtfarbe 4.000 °K sind auf Basis der derzeit vorliegenden Daten die nachfolgenden Einsparungen für die Stadt Aachen zu erwarten (Prognose):  
angenommene Eingangswerte:

### **Berechnung für alle Maiglöckchen (vor Umrüstung) (1.600 Stück)**

Nennentgelt pro Jahr:	160 € brutto / Leuchte x 1.600 =	256.000 €
Stromnebenkosten pro Jahr:	30,85 € brutto / Leuchte x 1.600 =	49.360 €
Stromverbrauch:	310 kWh / Leuchte x 1.600 =	496.000 kWh
	(durchschnittliche Leistung ~ 77 W)	
CO <sub>2</sub> – Ausstoß:	184 kg x 1.600	294.400 kg
<b>Gesamtkosten Stadt Aachen</b>		<b>305.360 €</b>

### **Berechnung für alle Maiglöckchen (nach Umrüstung)**

Nennentgelte:	1358 € brutto / Leuchte x 242 =	217.280 €
Stromnebenkosten	11,20 € brutto / Leuchte x 1358 =	15.210 €
Stromverbrauch	108 kWh x 1358 =	146.664 kWh
CO <sub>2</sub> – Ausstoß:	66,4 kg x 1358 =	90.171 kg
<b>Gesamtkosten Stadt Aachen</b>		<b>232.490 €</b>

### **Einsparung für alle Maiglöckchen (nach Umrüstung)**

eingesparte Nennentgelte:	160 € brutto / Leuchte x 242 =	38.720 €
eingesparte Stromnebenkosten		
für 242 ausgebaute Maiglöckchen	30,85 € brutto / Leuchte x 242 =	7.466 €
für 1358 umgerüsteter Maiglöckchen	19,65 € brutto / Leuchte x 1358 =	26.685 €
<b>Einsparpotential Stadt Aachen</b>		<b>72.871 €</b>

	Jahr	2014	2015	2016	2017	2018
umzurüstende Hängeleuchten Bogenmasten LED (Planwert)	Anzahl	192	400	350	350	308
Investitionskosten STAWAG	Euro brutto	114.240,00	238.000,00	208.250,00	208.250,00	183.260,00
eingesparter Strom (vorher/nachher)	kWh	41.107	85.362	74.747	74.747	65.707
eingesparte Stromnebenkosten (vorher/nachher)	Euro brutto	4.131,21	8.578,88	7.512,08	7.512,08	6.603,51
zurückgebaute Lichtpunkte	Anzahl	30	60	53	53	46
eingesparte Nennentgelte durch Ausbau (Stadt Aachen)	Euro brutto	4.800,00	9.600,00	8.480,00	8.480,00	7.360,00
Anzahl Lichtpunkte Kategorie Bogenmaste LED nach Rückbau	Anzahl	162	340	297	297	262
notwendige Aufwendungen Ausbau Lichtpunkte (Stadt Aachen)	Euro brutto	18.000,00	36.000,00	31.800,00	31.800,00	27.600,00
Einsparpotential für die Stadt Aachen	Euro brutto	<b>8.931,21</b>	<b>18.178,88</b>	<b>15.992,08</b>	<b>15.992,08</b>	<b>13.963,51</b>

## Einsparpotential für die Stadt Aachen perspektivisch bis 2022 pro Jahr:

Einsparungen Umrüstung Bogenmasten auf LED für die Stadt Aachen Prognose bis 2022									
Jahr	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2014	-9.068,79	8.931,21	8.931,21	8.931,21	8.931,21	8.931,21	8.931,21	8.931,21	8.931,21
2015		-17.821,12	18.178,88	18.178,88	18.178,88	18.178,88	18.178,88	18.178,88	18.178,88
2016			-15.807,92	15.992,08	15.992,08	15.992,08	15.992,08	15.992,08	15.992,08
2017				-15.807,92	15.992,08	15.992,08	15.992,08	15.992,08	15.992,08
2018					-13.636,49	13.963,51	13.963,51	13.963,51	13.963,51
2019						0,00	0,00	0,00	0,00
2020							0,00	0,00	0,00
2021								0,00	0,00
2022									0,00
Summe brutto	-9.068,79	-8.889,91	11.302,18	27.294,26	45.457,77	73.057,77	73.057,77	73.057,77	73.057,77

Beispiel 2014: 114.240 € / 192 Stk = 595 € Investitionskosten pro Leuchte

41.107 kWh / 192 Stk = 214 kWh / Leuchte

4.800 € / 30 Stk = 160 € / Leuchte eingespart

18.000 € / 30 Stk = 600 € Abbaukosten pro Mast

4.131,21 € + 4.800 € = 8.931,21 € Eingesparte Kosten Gesamt

## Fazit

Eine sukzessive Umrüstung der Hängeleuchten des Leuchtentyps „Maiglöckchen“ auf LED Leuchten im Rahmen der turnusmäßigen Arbeiten bis 2018 ist unter lichttechnischen, umweltrelevanten und kosteneffizienten Aspekten sinnvoll.

Die empfohlene Lichtfarbe liegt bei 4.000 K, welche sowohl unter lichttechnischen als auch kosteneffizienten Gesichtspunkten das momentane Optimum darstellt. LED Leuchten mit der Lichtfarbe 4.000 K erreichen einen Farbwiedergabeindex von ca. 80 % und werden zurzeit im Rahmen der industriellen Fertigung als Standard angesehen, was sich positiv auf den Fertigungspreis der Leuchten auswirkt. Leuchten mit Lichtfarben unterhalb von 4.000 K sind technisch ineffizienter und kostenintensiver und werden deshalb derzeit auf dem deutschen Markt seltener nachgefragt.

Hierdurch ergibt sich zusätzlich die Problematik, dass LED Leuchten mit einer geringeren Farbtemperatur oftmals als Sonderanfertigungen hergestellt werden.

Durch die Umrüstung sind trotz der anfänglich notwendigen Zusatzinvestitionen langfristig Kosteneinsparungen zu realisieren, die sich positiv im Rahmen der Jahresabrechnung des Betriebsführungsentgelts Straßenbeleuchtung niederschlagen werden (siehe Anhang).

Es ist aber an dieser Stelle bereits darauf hinzuweisen, dass die Kosteneinsparungen nicht direkt aus der jährlichen Abrechnung der Betriebsführung der Straßenbeleuchtung ablesbar sein werden, da sich in der Gesamtabrechnung unterschiedliche Effekte vermischen. Zum einen erfolgt eine jährliche Preisgleitung der festgelegten Nennentgelte der im Beleuchtungsvertrag festgelegten Lichtpunkttypen, zum anderen werden Kosteneinsparungen wie beispielsweise LED-Umrüstungen, Ausbau von Lichtpunkten etc. gegengerechnet. Für einen Nachweis der tatsächlich umgesetzten Kosteneinsparungen im Rahmen einer Umrüstung des Leuchten Typs „Maiglöckchen“ auf LED-Leuchten ist ein separat zu vereinbarendes Nachweis, welcher der jährlichen Abrechnung Straßenbeleuchtung beizulegen sei, notwendig und somit zu empfehlen.