

## **Abschlussbericht**

### **zum Vorhaben:**

Sanierung eines Teils der Straßenbeleuchtung in Lippstadt durch Einsatz von LED  
Technologie

Aktenzeichen: 30442/9    VorhabensNr: 20171

### **Fördernehmer/-in:**

Stadt Lippstadt

### **Umweltbereich**

Energie – und Ressourceneffizienz

### **Laufzeit des Vorhabens**

18.12.2009 – 01.08.2010

### **Autor**

Stadt Lippstadt  
Stephan Feldewert

**Gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und  
Reaktorsicherheit**

### **Datum der Erstellung**

15.03.2011

## Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen: 30442/9		Vorhaben-Nr.: 20171	
Titel des Vorhabens: <b>Sanierung eines Teils der Straßenbeleuchtung durch Einsatz von LED – Technologie</b>			
Autor(en); Name(n), Vorname(n) <b>Feldewert, Stephan</b>		Vorhabensbeginn: 18.12.2009  Vorhabensende: 01.08.2010	
Fördernehmer/ -in ( Name, Anschrift ) <b>Stadt Lippstadt</b> <b>Ostwall 1</b> <b>59555 Lippstadt</b>		Veröffentlichungsdatum:  Juni 2011	
		Seitenzahl: 10	
Gefördert aus dem Umweltinnovationsprogramm des Bundesumweltministeriums			
Kurzfassung/Summary Die Stadt Lippstadt hat im Zuge des Vorhabens insgesamt 178 Lampen alter Technologie (Quecksilberdampf) durch neue LED Technik ausgewechselt. Der Wechsel erfolgte in drei verschiedenen Wohnvierteln (reine Anliegerstraßen) im Stadtgebiet. Durch die LED Technologie konnte eine bessere Ausleuchtung und Energieeinsparung von bis zu 75 % erreicht werden. Das Programm wurde durch die TU Darmstadt wissenschaftlich begleitet und dokumentiert.  The city council of Lippstadt replaced 178 street lightings of aged technology (high-pressure mercury lamp / luminescent screen u tube) with novel LED technology in the course of the project. The replacement took place in three different residential areas in the urban space of Lippstadt. As a result of the LED technology the efficacy of the street lighting increased and the energy conservation go up to 75 %. The project was accompanied and documented by the technical university of Darmstadt.			
Schlagwörter		LED Technologie; Energieeffizienz; Steigerung der Beleuchtungsstärke; Insektenfreundlichkeit; kein Lichtsmog; gelenktes Licht durch Linsen	
Anzahl der gelieferten Berichte Papierform: 7 Elektronischer Datenträger:1		Sonstige Medien: Veröffentlichung im Internet geplant auf der Homepage: <a href="http://www.lippstadt.de">www.lippstadt.de</a>	

## **Beschreibung**

### Ausgangssituation

Die Stadt Lippstadt hat einen Bestand von ca. 9500 Maststandorten mit 44 unterschiedlichen Lampentypen und 20 verschiedenen Leuchtmitteln, deren Leistungen zwischen 11 und 200 Watt liegen. Dies bedeutet, dass die Straßenbeleuchtung der Stadt Lippstadt in hohem Maße energieineffizient sowie äußerst wartungsintensiv ist.

Insbesondere die sich im Bestand befindlichen Pilzleuchten treten hier durch teilweise sehr energieintensive Bestückung (3 x 36 Watt U-Röhre + Vorschaltgerät), sowie ihr hohes Alter (30 – 40 Jahre) besonders hervor, so dass mit dem Austausch dieser etwa 2.500 Leuchtstellen ein Fokus gebildet wurde. Bis zum Zeitpunkt des Bundeswettbewerbes wurden zur Reduzierung der Energie- und Wartungskosten, sowie zur CO<sub>2</sub> Minderung verschiedenste Maßnahmen ergriffen. So wurde bei Neubauten nur noch NAV – Beleuchtung eingebaut, die Schaltschränke wurden mit Nachtabsenkungen optimiert und die Anzahl der Arten der Leuchten wurde reduziert. So konnte der Stromverbrauch der Beleuchtung der Stadt Lippstadt von 2003 bis 2005 um 541.000 kWh reduziert werden.

### Aufgabenstellung

Ziel war und ist es jedoch, eine effiziente und zukunftsorientierte Straßenbeleuchtung in Lippstadt zu installieren. Hierzu schien die sich bis zum Jahre 2009 auf dem Markt befindliche Technologie (z.B. Natriumdampflampen) aber nicht ausreichend.

### Vorgehen

Im Jahr 2009 wurde in Kooperation mit dem in der Stadt Lippstadt ansässigen Unternehmen Hella KGaA Hueck & Co ein modulares LED Straßenbeleuchtungssystem entwickelt, mit dem sich die Stadt beim Bundeswettbewerb beworben hat. Dieses LED System, mit dem Namen ECO StreetLine Square zeichnet sich durch hohe Wirtschaftlichkeit, Reduzierung der Komplexitätsfaktoren, einfachen Austausch durch Module (kein Einwegsystem), Ersatzteilgarantie sowie einfache Handhabung besonders aus und entspricht somit den oben genannten Zielsetzungen der Stadt Lippstadt.

Im Zuge des Bundeswettbewerbes wurden insgesamt 178 Pilzleuchten mit alter Technologie (Quecksilberdampflampen / 3 U-Leuchtstoffröhren) in 3 Anwohnergebieten im Stadtgebiet durch die o.g. LED Beleuchtung ausgetauscht. Ziel des Projektes war es, den Stromverbrauch der Beleuchtung zu reduzieren, sowie die Beleuchtungsstärke zu erhöhen. Zur Nachprüfbarkeit der gewonnenen Ergebnisse des Projektes wurde die TU Darmstadt beauftragt, das Projekt wissenschaftlich zu begleiten (inkl. einer Anwohnerbefragung), zusätzlich wurden in jedem Teilgebiet des Projektes Strom- und Betriebsstundenzähler installiert. Die Planung und Umsetzung des Projektes erfolgte durch den Fachdienst Straßenbau der Stadt Lippstadt. Die Ergebnisse der Untersuchung der TU Darmstadt befinden sich im Anhang des Berichtes und die Aufstellung des Stromverbrauches und der Betriebsstunden der Beleuchtung der einzelnen Teilgebiete im tabellarischen Teil dieses Berichtes.

## Anwendbarkeit der Technik

Die Bezeichnung ECO StreetLine steht für ein modulares Beleuchtungskonzept das speziell auf die Anforderungen der Straßenbeleuchtung und deren Betreiber abgestimmt ist. Basis der Produkte sind LED Module die es ermöglichen Licht, mittels optischer Linsen, höchst effizient, auf den Boden zu projizieren.

Besonderheiten des Systems sind die Integration von Lichttechnik und Elektronik in einem Modul, die bedarfsgerechte und effiziente Lichtführung mit optischen Linsen, die Flexibilität in der Planung durch rechteckige Lichtprojektion, das vereinfachte Ersatzteilmanagement sowie die langfristige Garantien. Der Aufbau der Module ist nahezu analog zum Aufbau eines Automobilscheinwerfers. Die Lichttechnik, die Elektronik und das für die LED wichtige Thermomanagement sind in einer kompakten Einheit zusammengefasst. Optische Linsen sorgen für eine maximal effiziente Projektion des Lichts. Die Leistungsaufnahme der Module hängt vom benötigten Lichtstrom ab. Es werden derzeit drei Varianten im Serienprozess hergestellt.

Bei der Auswahl der Werkstoffe hinsichtlich Langlebigkeit und Witterungseinflüsse (UV, Schmutz, etc.) kommen ausschließlich langzeiterprobte Werkstoffe zum Einsatz.

Das Gehäuse ist mit der transparenten Abschlusscheibe verklebt. Bereiche der Abschlusscheibe sind mattiert, die weiß beschichteten Aluminiumplatinen sorgen für eine Gesamtaufhellung des Moduls, damit wird die Blendwirkung der einzelnen LED's reduziert. Eine GoreTex Membran verhindert bei einer Schutzklasse von IP 65 eine Kondensatbildung im Modulinneren. Der elektrische Anschluss der Module in der Leuchte erfolgt mit einem dreipoligen gedichteten Steckersystem. Die Eingangsspannung ist zwischen 110 V und 240 V variabel (Multivoltage). Über die zweite Phase, also den dritten Pol im Stecker, kann die Modulleistung um 50% der Energieaufnahme bei 50% Lichtstromrückgang geschaltet werden. Hierbei übernimmt die integrierte Elektronik die Nachtabsenkungsfunktion und reduziert die Leistung aller LED's im Modul. Vor thermischer Überlastung der LED, beispielsweise bei hoher Außentemperatur von mehr als 70 °C am Leuchtenkörper (ungewollter Tagbetrieb in Südeuropa), schützt die intelligente Elektronik durch Leistungsreduzierung bis hin zum Abschalten. Durch Anordnung der Linsen und Positionierung der Module im Leuchtenkorpus können unterschiedliche Lichtbilder, in der Grundcharakteristik 12 m auf 40 m, erzeugt werden. Eine weitere Konfigurationsmöglichkeit ergibt sich aufgrund der angebotenen Lichtfarben von 4.300 K und 5.300 K. Lichtprojektionen mit einem konsequent rechteckigen Lichtbild sind in der Straßenbeleuchtung nicht alltäglich, bieten aber sicher Vorteile und lassen sich hervorragend mit der Charakteristika der LED Technik realisieren. Mit den vorliegenden Modulen lassen sich unterschiedliche Situationen mit wählbaren Lichtstärken realisieren. In vielen Gesprächen mit Fachleuten und Lichtplanern ist der Wunsch nach größtmöglicher Flexibilität hinsichtlich Lichtverteilung und Mastpositionierung aufgenommen worden. Blendung von Wohnräumen wurde als ein weiterer Wunsch für ein neues Beleuchtungssystem genannt. Hier bietet das ECO StreetLine LED Projektionssysteme besondere Vorteile, die aber mit Augenmaß umgesetzt werden mussten. Eine restriktive Abschattung der Vorgärten und Fassaden hat zum Ergebnis, dass sich Passanten und Anwohner unsicher fühlen und das letztlich das nächtliche Stadtbild verloren geht. Das Hella System hat diesem Aspekt Rechnung getragen und lässt die Projektionsbilder sanft auslaufen um eine Illuminierung von Vorgärten und Hausfassaden sicher zu stellen. Was für den Lichtplaner ein Vorteil ist, darf für den Installateur keinen erhöhten Aufwand

bedeuten. Daher befindet sich im Leuchtenkörper eine mechanische Kodierung, die eine eindeutige Montage von Ersatzmodulen gewährleistet. Somit wird sicher gestellt, dass auch noch in vielen Jahren die richtigen Module eingebaut werden. Für die Neuinstallation der Leuchten ist natürlich eine eindeutige Kennzeichnung der Leuchtencharakteristik auf der Verpackung und der Leuchte selbst sichergestellt. Mit dem ersten serienreifen Produkt ECO StreetLine Square sollen Pilz- und Mastaufsatzleuchten in „alter Technologie“ ersetzt werden. Bei der Entwicklung des Designs wurde in erster Linie Wert auf die Umsetzung der Anforderungen von LED Projektionssystemen gelegt. Als Werkstoffe und Oberflächenbeschichtungen kommen Kombinationen zum Einsatz, die eine Produktlebensdauer von mehr als 30 Jahren gewährleisten. Um diese Lebensdauer auch im anspruchsvollen Umfeld (Seeklima, große Hitze, etc.) gewährleisten zu können. Sämtliche Rahmenbedingungen, wie Schutzrechte, Normen und Patente, werden seitens der Fa. Hella gewährleistet.

## Wesentliche Vorteile für die Umwelt

Durch den Einsatz der innovativen LED Technologie kann im Vergleich zur alten Technik erheblich Energie eingespart werden. Zusätzlich ist diese Technologie durch ihre Lichtfarbe insektenfreundlicher als herkömmliche Beleuchtungstechnik. Die nun vorliegenden Messungen konnten die geplante Einsparung von 70 % bestätigen. Selbst im Vergleich mit Standardlösungen, z.B. Natriumdampf-Hochdruck Technik, kann immer noch bis zu 52 % eingespart werden. In der Nachtabsenkung kann sogar bis zu 68 % der Energie, im Vergleich zu Natriumdampf-Hochdruck, eingespart werden. Auf die Gebiete der Sanierung bezogen bedeutet dieses eine Einsparung von 61.540 kWh oder 36,68 t CO<sub>2</sub> bei 178 Lampen. Im Vergleich zu Standardlösungen wie z.B. die Natriumdampf-Hochdruck – Technik ist immer noch eine Einsparung von 30.616 kWh oder 18 t / CO<sub>2</sub> möglich.

## Kostendaten und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Für die statische Rückflussdauer der neuen LED Anlage ergeben sich die folgenden Werte:

### Statische Rückflussdauer für die Neuanlage:

#### Ausgaben

Förderungsfähige Ausgaben	186.757 €
Förderung (Zuschuss)	74.703 €.
	<hr/>
Eigenanteil	112.054 €

#### Einsparungen

Energieeinsparung/a in kWh	61.540 kWh
Einsparung Energiekosten/a (bei 0.15 €/kWh)	9.231 €
Einsparung Wartungskosten/a	7.067 €
	<hr/>
Kosteneinsparung/a	16.298 €

#### Statische Rückflussdauer

Rückflussdauer in Jahren (Eigenanteil/ Kosteneinsparung)	6,9 Jahre
---	-----------

## Vergleich Neuanlage mit LED und Neuanlage mit Natriumdampf

Da die ehemals vorhandene Beleuchtung aufgrund ihres hohen Alters und der dadurch rückgängigen Beleuchtungsstärke, die nicht den Vorgaben der DIN EN 13201 entsprechen, sowie des hohen Energieverbrauches in nächster Zeit umgerüstet worden wäre, muss zur Rentabilitätsberechnung eine gleichartige Beleuchtungsanlage herangezogen werden.

In den Siedlungsgebieten der Stadt Lippstadt wurden bisher Natriumdampf-Hochdruck Beleuchtungsanlagen mit einer Leistung von 83 Watt (inkl. Vorschaltgerät) installiert. Der Austausch eines Beleuchtungskopfes mit Quecksilberdampf-Hochdruck Leuchtmitteln gegen Köpfe mit Natriumdampf-Hochdruck Leuchtmitteln beläuft sich auf Kosten in Höhe von ca. 855 €. Die Gesamtaustauschkosten lägen dann bei 152.190,00 €.

Die Kosten des Austausches der vorh. Beleuchtungsköpfe gegen LED-Leuchten liegen bei 187.000,00 €, somit ergeben sich Mehrausgaben in Höhe von 34.810,00 €. Die Energie-, Ersatzteil-, Betriebs- und Instandhaltungskosten der Natriumdampf-Hochdruck-Lampe liegen bei 73,30 € / Jahr.

Diese Kosten liegen bei der Hella LED-Lampe bei 33,60 € / Jahr.

Dies bedeutet eine Einsparung von 7.066,60 € / Jahr. Mit einer Rentabilität ist somit nach ca. 5 Jahren zu rechnen.

Wie oben bereits erläutert, muss die LED-Lampe den Vergleich mit anderen auf dem Markt befindlichen Verfahren nicht scheuen. Die etwas höheren Investitionskosten sind durch die geringere Energie- und laufende Kosten zügig wieder eingespart.

Insbesondere die hohe Nutzungslebensdauer der Lampe ist hier ein großer Vorteil. Während herkömmlich Beleuchtungsmittel spätestens nach 4 Jahren ausgetauscht werden müssen, ist bei der Hella LED-Lampe nach 50.000 Betriebsstunden erst ein Lichtstromrückgang von unter 30 % zu erwarten. Dies bedeutet, dass mit einer Nutzungslebensdauer von min. 60.000 Betriebsstunden zu rechnen ist. Durch das Dimmen der Lampen auf 50 % der Leistung während der Nachtstunden ist mit einer weiteren Erhöhung der Lebensdauer zu rechnen, eine genaue Zahl kann hier aber noch nicht genannt werden, eine Gesamtlebensdauer von ca. 70.000 Stunden erscheint aber realistisch.

Selbst bei Annahme der geringsten Lebensdauer von 50.000 Stunden müssen die Lampen erst nach 12,5 Jahren ausgetauscht werden. Dadurch kommt es zu erheblichen Reduzierungen bei den Wartungs-, Betriebs- und Ersatzteilkosten.

Ein weiterer Vorteil liegt in der Anordnung der Module und des Abdeckgehäuses der Hella LED-Lampe. Durch die strikte Anordnung nach unten wird eine Verschmutzung der Lampe und damit ein Rückgang der Beleuchtungsstärke vermieden, das Putzen der Abdeckung (des Glases) entfällt somit bei dieser Lampe.

## **Sonstige Betriebsdaten**

In der LED Technik wurden in den letzten 2 Jahren erhebliche Steigerungen in der Lichtausbeute (Lumen/Watt) erzielt, mit einer weiteren Entwicklung zu noch höherer Effizienz ist zu rechnen.

Das vorliegende Produkt, die Hella Eco Street Square, unterliegt ebenfalls einer ständigen Verbesserung, durch die Bauweise in Modulform können Neuentwicklungen oder Weiterentwicklungen im Bereich der LED Technik problemlos eingebaut werden, bzw. ausgetauscht werden.

## **Probleme bei der Durchführung**

Da bei Einführung neuer Techniken immer Probleme auftauchen, wie z.B. Akzeptanz bei den Anliegern, wurde seitens der TU Darmstadt eine Befragung der betroffenen Anlieger schon im Vorfeld und nach Abschluss der Realisierung durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der Anlage zum Abschlussbericht dargestellt. Des Weiteren wird seitens der Stadt Lippstadt bei Neueinrichtung von Beleuchtungsanlagen eine Anliegerversammlung der betroffenen Anlieger durchgeführt, um evtl. Missverständnisse oder Fragestellungen der Anwohner schon im Vorfeld zu klären.

## Tabellarischer Teil

Der tabellarische Teil ist in 3 Tabellen aufgeteilt, da es sich um 3 verschiedene Ausgangssituationen handelt.

### Teilgebiet Lippstadt Süd

	<u>Werte vor Realisierung</u>	<u>Werte nach Realisierung</u>
<b>1. Anzahl der Leuchtstellen:</b>	50	50
<b>2. Anzahl der Leuchten je Leuchtstelle:</b>	1	1
<b>3. Anzahl der Lampen je Leuchte:</b>	1	32
<b>4. Leistung der Lampe (inkl. Betriebsmittel):</b>	118 W	40 W
<b>5. Betriebsstunden / Jahr:</b>	4.000 h	4.000 h
<b>6. Mastabstand der Leuchtstellen:</b>	43,40 m	43,40 m
<b>7. Höhe der Leuchtstellen:</b>	4,00 m	4,60 m
<b>8. Ersatzteilkosten /Jahr: (Ergibt sich aus den Wechselzyklen sowie Kosten der Lampe und sonstigen Komponenten, die ausgetauscht werden)</b>	1.190 €	480 €
<b>9. Energieverbrauch / Jahr:</b>	23.600 kWh	8.000 kWh
<b>10. Energiekosten / Jahr: (bei 0,15 Euro/kWh)</b>	3.540 €	1.200 €
<b>11. eingesetzte Technik:</b>	Quecksilberdampf-Hochdrucklampen	LED
<b>12. Vorschaltgerät:</b>	konventionelles Vorschaltgerät (KVG)	Elektronisches Vorschaltgeräte (EVG)
<b>13. Absenkung des Beleuchtungsniveaus:</b>	nein	nein
<b>14. Beleuchtungsstärke E im Messfeld</b>		
<b>Emin</b>	0,18 lx	0,6 lx
<b>E<sub>max</sub></b>	9,07 lx	16,31 lx
<b>E<sub>mittel</sub></b>	1,59 lx	4,82 lx

Teilgebiet Lippstadt – OT Benninghausen

	<u>Werte vor Realisierung</u>	<u>Werte nach Realisierung</u>
<b>1. Anzahl der Leuchtstellen:</b>	79	79
<b>2. Anzahl der Leuchten je Leuchtstelle:</b>	1	1
<b>3. Anzahl der Lampen je Leuchte:</b>	3	32
<b>4. Leistung der Lampe (inkl. Betriebsmittel):</b>	140 W	40 W
<b>5. Betriebsstunden / Jahr:</b>	4.000 h	4.000 h
<b>6. Mastabstand der Leuchtstellen:</b>	46,60 m	46,60 m
<b>7. Höhe der Leuchtstellen:</b>	5,22 m	4,90 m
<b>8. Ersatzteilkosten /Jahr: (Ergibt sich aus den Wechselzyklen sowie Kosten der Lampe und sonstigen Kompo- nenten, die ausgetauscht werden)</b>	1.880 €	758 €
<b>9. Energieverbrauch / Jahr</b>	44.240 kWh	9.480 kWh
<b>10. Energiekosten / Jahr: (bei 0,15 Euro/kWh)</b>	6.636 €	1.422 €
<b>11. eingesetzte Technik:</b>	Leuchtstofflampen (U Rohr)	LED
<b>12. Vorschaltgerät:</b>	konventionelles Vorschaltgerät (KVG)	Elektronisches Vorschaltgeräte (EVG)
<b>13. Absenkung des Beleuchtungsniveaus:</b>	ja um 33 % 23-5 Uhr	ja um 50 % 23-5 Uhr
<b>14. Beleuchtungsstärke E im Messfeld</b>		
Emin	0,38 lx	0,56 lx
E <sub>max</sub>	8,62 lx	15,34 lx
E <sub>mittel</sub>	2,09 lx	4,56 lx

Teilgebiet Lippstadt - OT Bad Waldliesborn

	<u>Werte vor Realisierung</u>	<u>Werte nach Realisierung</u>
<b>1. Anzahl der Leuchtstellen:</b>	49	49
<b>2. Anzahl der Leuchten je Leuchtstelle:</b>	1	1
<b>3. Anzahl der Lampen je Leuchte:</b>	3	32
<b>4. Leistung der Lampe (inkl. Betriebsmittel):</b>	123 W	40 W
<b>5. Betriebsstunden / Jahr:</b>	4.000 h	4.000 h
<b>6. Mastabstand der Leuchtstellen:</b>	39,7 m	39,7 m
<b>7. Höhe der Leuchtstellen:</b>	4,50 m	4,70 m
<b>8. Ersatzteilkosten /Jahr: (Ergibt sich aus den Wechselzyklen sowie Kosten der Lampe und sonstigen Kompo- nenten, die ausgetauscht werden)</b>	1.166€	470 €
<b>9. Energieverbrauch / Jahr</b>	24.108 kWh	7.080 kWh
<b>10. Energiekosten / Jahr: (bei 0,15 Euro/kWh)</b>	3.616 €	1.062 €
<b>11. eingesetzte Technik:</b>	Leuchtstofflampen (U Rohr)	LED
<b>12. Vorschaltgerät:</b>	konventionelles Vorschaltgerät (KVG)	Elektronisches Vorschaltgeräte (EVG)
<b>13. Absenkung des Beleuchtungsniveaus:</b>	ja um 33 % 23-5 Uhr	ja um 50 % 23-5 Uhr
<b>14. Beleuchtungsstärke E im Messfeld</b>		
Emin	0,33 lx	0,34 lx
Emax	12,62 lx	15,48 lx
Emittel	2,39 lx	4,25 lx