

# LEDs in der Außenbeleuchtung, Vorteile und Probleme

*Dr. Ágnes Vidovszky – Németh, Nationale Verkehrsbehörde, Budapest*

## *Kurzfassung*

Lichtemittierdioden (LEDs) werden auch in der Außenbeleuchtung angewendet, aber viele LED-Leuchten entsprechen den Anforderungen, die in den Normen beschrieben werden, nicht. Es wurden einige Probebeleuchtungen in Ungarn lichttechnisch überprüft, und Mängel der erzielten Beleuchtungen festgestellt. Ergebnisse werden mit Literatur-Daten verglichen, und Hinweise formuliert, die beachtet werden sollten, bevor LED-Leuchten flächendeckend angewendet werden können.

## **1. Einleitung**

Lichtemittierdioden (LEDs) sind die neuesten Lichtquellen, die viele Vorteile verglichen mit herkömmlichen Glüh- und Entladungslampen aufweisen. Sie sind robust, klein, haben eine lange Lebensdauer, ihre Lichtausbeute wächst ständig. Sie sind unbegrenzt dimmbar und ermöglichen sofortiges Neuzünden (zum Gegenteil von Entladungslampen). Sie werden als Energiesparlampen betrachtet, und für viele Anwendungsgebiete vorgeschlagen. Der Aufbau und Betrieb von LED-Leuchten muss jedoch ganz anders sein, als bei herkömmlichen Lichtquellen. In erster Linie weil LEDs zwar keine Wärmestrahlung abgeben, aber ein erheblicher Anteil der eingespeisten elektrischen Wärme wird auch in den LEDs in Wärme umgewandelt, und diese Wärme muss mit Konvektion abgeführt werden. Dem zu Folge, trotzdem, dass die Anzahl von LED Anwendungen in der Außenbeleuchtung kontinuierlich wächst, wächst gleichzeitig auch die Zahl der Beschwerden, dass die erzielte Beleuchtung den Normvorschriften nicht entspricht. Viele Hersteller, die vorher sich nicht mit dem Bau von Außenbeleuchtungsanlagen beschäftigt haben, stürzten auf dieses lukrative Gebiet, und haben den Markt mit nicht richtig konstruierten Leuchten überschwemmt. Die Endverbraucher fühlen sich unsicher welche Leuchte sie verwenden sollten. Die Stormversorger probieren den Anwendern damit helfen, dass sie einige Probeanlagen einrichten, wo man die Leistungsfähigkeit einzelner Typen überprüfen kann.

Auch in Ungarn wurden in dem letzten Jahr mehrere Probenbeleuchtungen errichtet, dessen lichttechnische Bewertung jedoch zum Grosteil nur visuell erfolgte. Der Ungarische Lichttechnische Verein hat sich die Aufgabe gestellt, einige von diesen Anlagen auch lichttechnisch zu überprüfen. Ergebnisse dieser Untersuchung soll im folgenden mit Erfahrungen die im Ausland erzielt wurden, verglichen werden.

## **2. Lichtfarbe**

Zur Zeit sind die Hochdruck Natriumdampflampen die meistverbreiteten Lichtquellen für Außenbeleuchtung. Das gelbliche Licht der Na-Lampen wurde z.Z. ihrer Einführung als vorteilhaft beschrieben, da sie bessere Sehschärfe ermöglichten als die damals verwendeten Hochdruck Quecksilberdampflampen. Als die Hochdruck Metallhalogenid-Lampen (HML) auf den Markt kamen, wurde man darauf aufmerksam, dass das weißere Licht von den Bewohnern bevorzugt wird. Es wurde behauptet, dass wegen der Verschiebung der Augenempfindlichkeit ins blaue (Purkinje Phänomen), falls die Beleuchtungsstärke im mesopischen Bereich liegt ( $< 3 \text{ cd/m}^2$ ), eine niedrigere

Beleuchtungsstärke ausreicht um die selbe Sehempfindung zu bekommen. Jüngere Untersuchungen<sup>1</sup> haben gezeigt, dass dies weniger dem blau-weißem Licht, sondern mehr der besseren Farbwiedergabe zu bedanken ist. So kann man dazu nicht zustimmen, dass für HML Beleuchtung eine niedrigere Beleuchtungsstärke zugelassen werden kann, als was für das Natrium-Hochdrucklampen-Licht vorgeschrieben wurden, zwar wird das in einigen Ländern schon praktiziert.

### **3. In situ Untersuchungen**

Es wurden insgesamt sechs Probebeleuchtungen lichttechnisch bewertet. In jedem Fall wurden Fahrbahn Beleuchtungsstärkemessungen, und Leuchtdichteverteilungsmessungen<sup>♦</sup> durchgeführt.

#### **3.1 Leuchte für Stadt-Verkehrsstrasse**

Die Leuchte, mit einer Nennleistung von 140 W wurde mit 180 Stück 80 lm/W LEDs ausgestattet, siehe Abbildung 1.

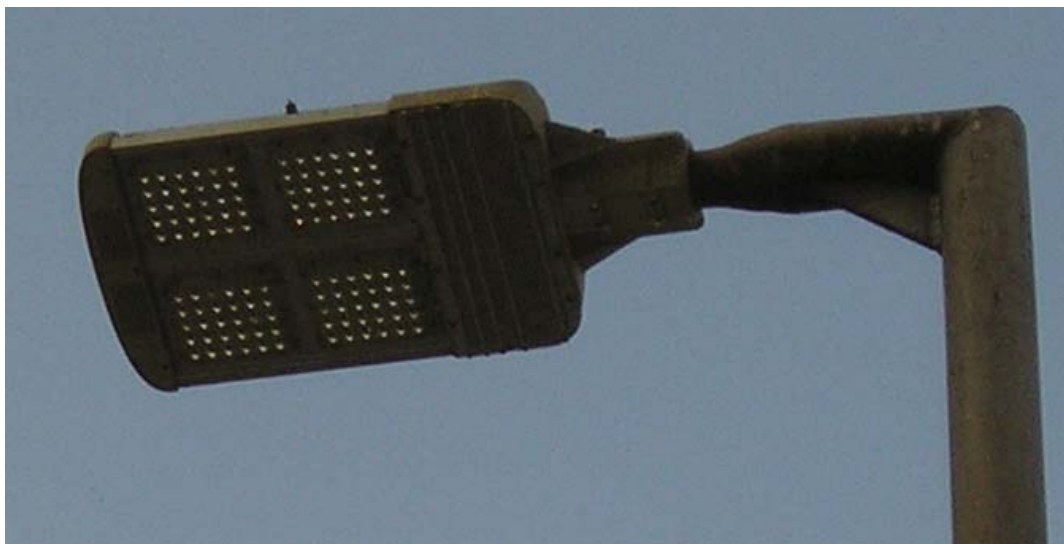


Abbildung 1. Leuchte für Stadtinnere.

Die erzielte Fahrbahn Leuchtdichte schwankte zwischen  $0,23 \text{ cd/m}^2$  und  $1,6 \text{ cd/m}^2$ . Die mittlere Beleuchtungsstärke war  $10 \text{ lx}$ , mit einer Min/Max Gleichmäßigkeit von 0,49. So könnte diese Leuchte als ein verwendbares Alternativ für herkömmliche Leuchten gelten. Ein schwerer Mangel der Leuchte war, jedoch, dass es einen falschen Lichtstrahl direkt an die Hausmauer warf, siehe Abbildung 2.

#### **3.2 36 W Leuchte für Nebenstrassen**

Die Leuchte, mit einer Nennleistung von 36 W wurde mit 30 Stück 80 lm/W LEDs ausgestattet, siehe Abbildung 3. Ein großer Mangel dieser Leuchte war, dass es eine sehr schlechte Lichtverteilung erzeugte. Abbildung 4. zeigt die Beleuchtungsstärkeverteilung, Abbildung 5 ein Leuchtdichteverteilungsbild.

---

<sup>♦</sup> Wir bedanken uns bei TechnoTeam, die uns zwei Leuchtdichte-Kameras zur Verfügung gestellt hat.



Abbildung 2. Falsche Beleuchtung mit der 140 W Leuchte.



Abbildung 3. 36 W Leuchte für Nebenstrassen.

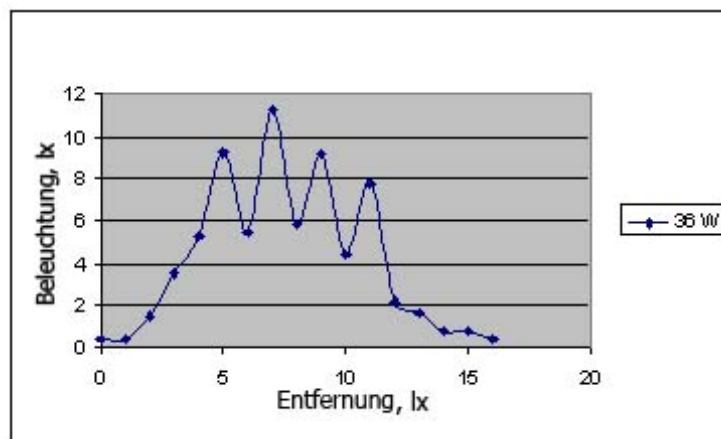


Abbildung 4. Beleuchtungsstärke Verteilung der Fahrbahn mit der 36 W Leuchte.

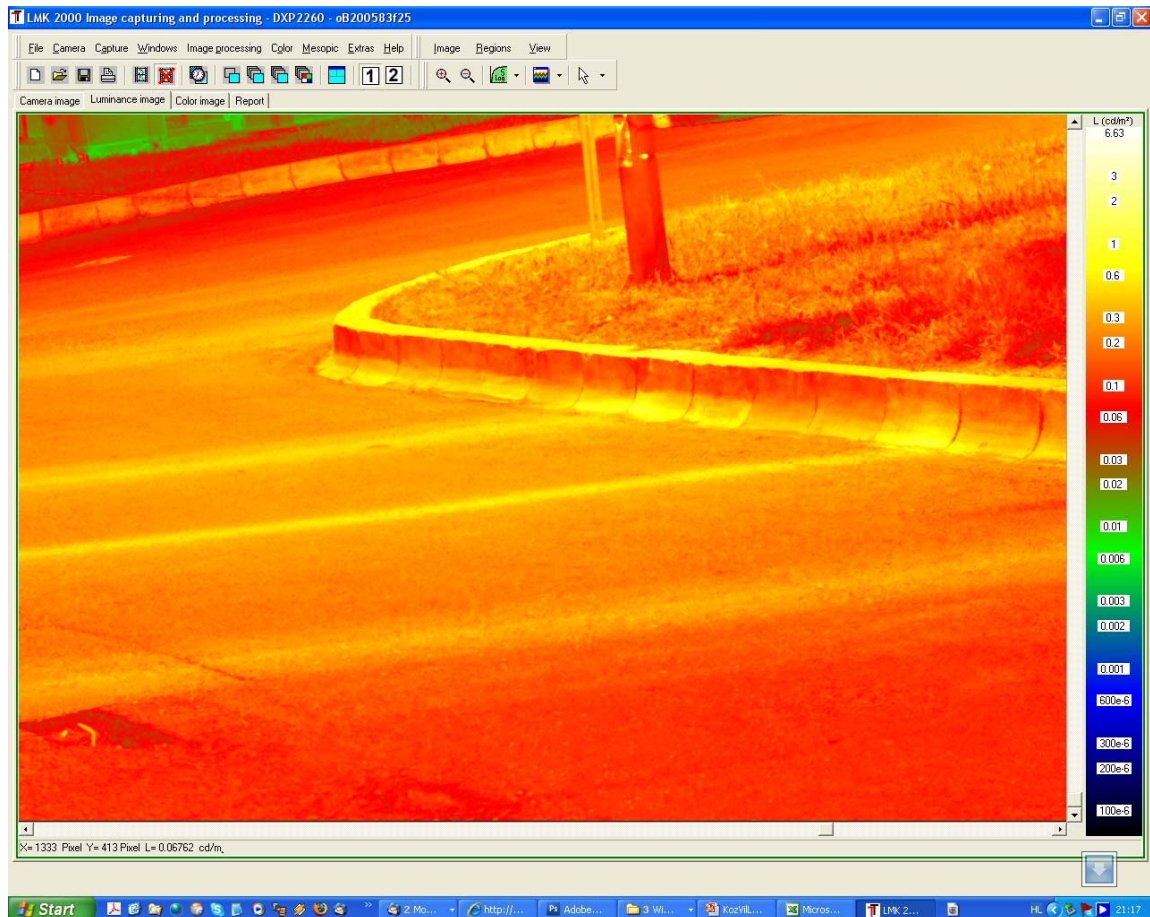


Abbildung 5. Leuchtdichteverteilung unter der 36 W Leuchte.

### 3.3 30 W Leuchte für Nebenstrassen

Die Leuchte, mit einer Nennleistung von 30 W wurde mit 24 Stück LEDs ausgestattet. Interessant ist die unregelmäßige Verteilung der einzelnen LEDs, siehe Abbildung 6.



Abbildung 6. Die 30 W Leuchte für Nebenstrassen.



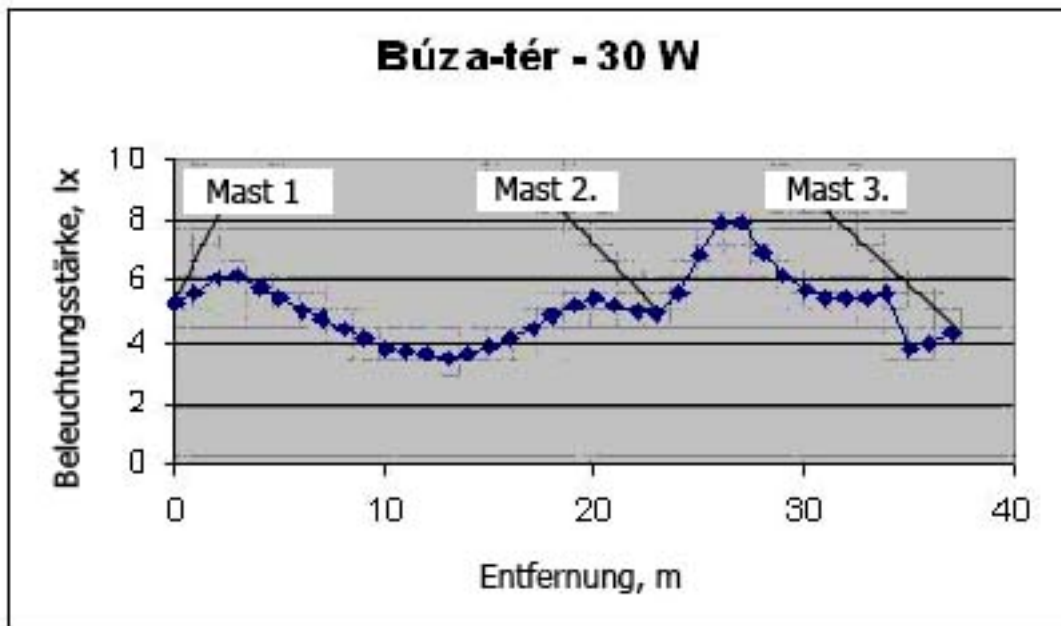


Abbildung 7. Beleuchtungsstärkeverteilung unter der 30 W Leuchte.

Wie aus Abbildung 7 ersichtlich gelingt diese Einstellung der einzelnen LEDs nicht immer optimal, so dass die Beleuchtungsstärkeverteilung nicht immer die gleiche ist, wenn man zwischen unterschiedlichen Masten misst.

Bei zwei weiteren Anlagen hatten wir die Möglichkeit direkt LED-Leuchten mit anderen Leuchten in ähnlicher Umgebung zu vergleichen.

### 3.4 20 W LED-Leuchte für Nebenstrassen – 36 W Kompakt Leuchtstofflampe

Tabelle 1. zeigt die mittlere Beleuchtungsstärke und die Gleichmäßigkeit (Max/Min) die unter den zwei Leuchtenarten gemessen wurden.

Tabelle 1. Vergleich der 20 W LED mit der 36 W CFL Leuchte

	20 W LED	36 W CFL
Mittlere Beleuchtungsstärke, lx	2,32	2,76
Gleichmäßigkeit	0,10	0,24

Wie ersichtlich ist die Effizienz der LED-Leuchte nicht schlecht, aber die Gleichmäßigkeit ist nicht zureichend. Trotz der guten Effizienz muss aber auch bemerkt werden, dass gleichzeitig durchgeführte elektrische Messungen haben eine unzulässig hohe Oberwellenkomponente im Strom festgestellt. Die Verbesserung des Vorschaltgerätes wird sicher die Effizienz verniedrigen, dessen Maß jedoch nicht eingeschätzt wurde. Die Leuchtdichteverteilung ist in Abbildung 8. zu sehen.

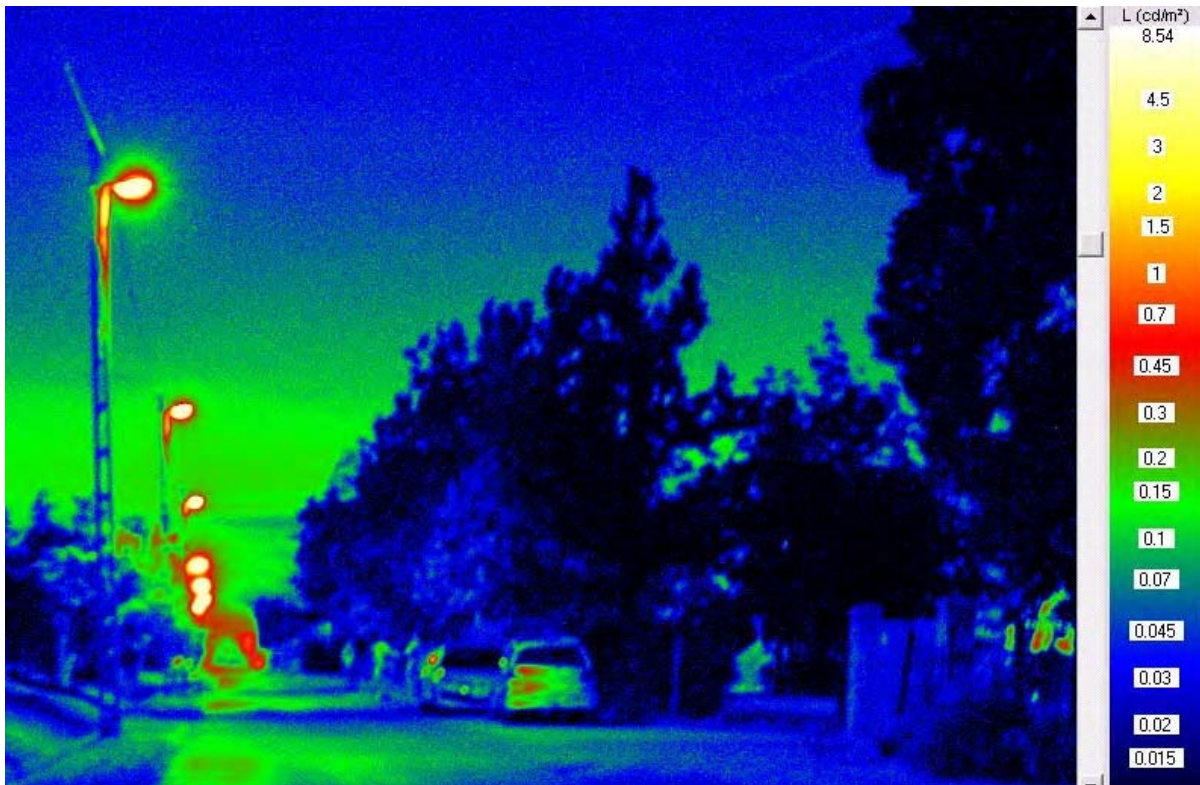


Abbildung 8. Leuchtdichteverteilung unter den 20 W LED Leuchten.

### 3.5 40 W LED-Leuchte für Nebenstrassen – 48 W Induktionslampe – 100 W Na-Lampe

In einer anderen Strasse wurden die alten Na-Hochdrucklampenleuchten zum Teil durch LED-Leuchten, und zum Teil durch Induktionslampen Leuchten ersetzt. Einen ähnlichen Vergleich der mittleren Beleuchtungsstärke und der Gleichmäßigkeit dieser Anordnungen zeigt die Tabelle 2.

Tabelle 2. Vergleich der 40 W LED Leuchte mit der 48 W Induktionslampen Leuchte und 100 W Natriumdampf lampen Leuchte

	40 W LED	48 W Induktionsl.	100 W Na
Mittlere Beleuchtungsstärke, lx	6,81	9,22	5,48
Gleichmäßigkeit	0,072	0,19	0,35

Auch hier ist ersichtlich, dass falls die Aufmerksamkeit nur auf die mittlere Beleuchtungsstärke gerichtet wird, dann könnte man mit den modernen Lichtquellen eine erhebliche Einsparung erzielen, aber wenn man auch die Gleichmäßigkeit berücksichtigt, dann sieht man, dass die höhere mittlere Beleuchtungsstärke durch schlechte Gleichmäßigkeit erzielt wurde. Dazu gehört auch die Quer-Gleichmassigkeit, die hier nicht gesondert aufgeführt wird, aber auch wesentlich ist (siehe Leuchtdichteverteilungen).

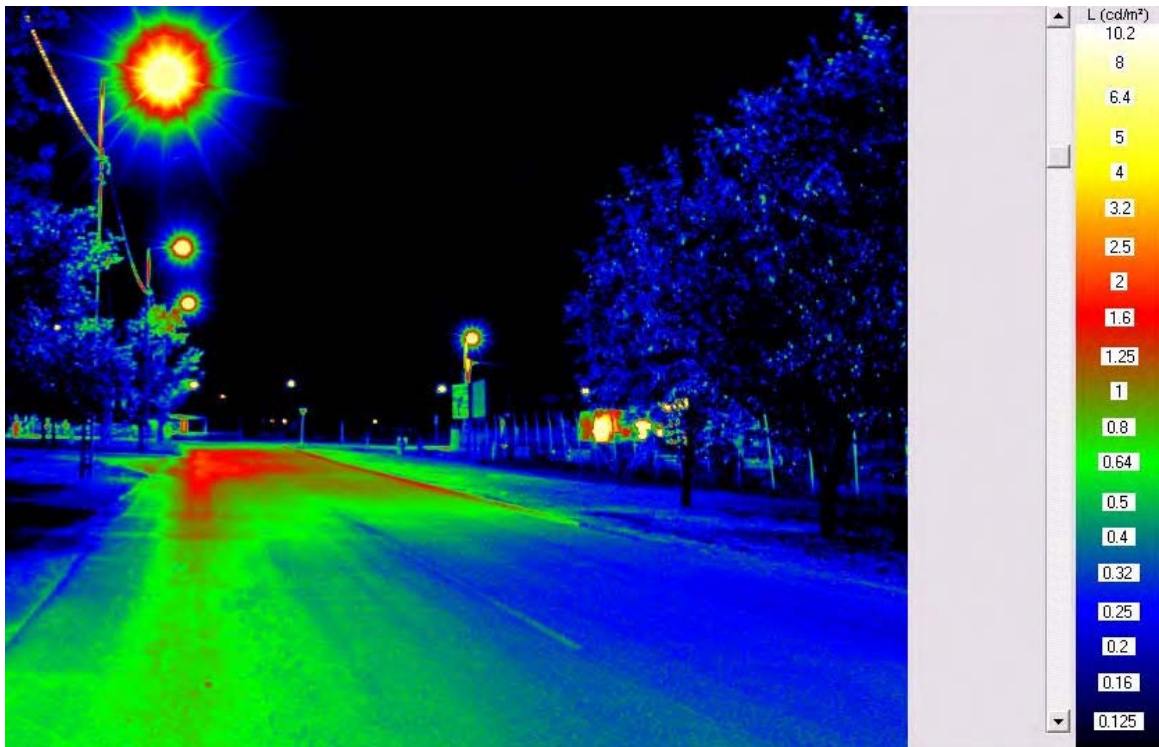


Abbildung 9. Die ersten 2 Masten tragen LED-Leuchten.

Abbildung 9 zeigt das Leuchtdichteverhältnis unter den LED-Leuchten (erste zwei Masten, weiter hinten sind Na-Lampen montiert). Es ist auch ersichtlich, dass die Leuchtdichte quer durch die Straße nicht ausreicht. Wie aus Abbildung 10 ersichtlich, unter den Induktionslampen-Leuchten ist die Gleichmäßigkeit auch nicht sehr gut. Quer durch die Straße ist sie aber besser.

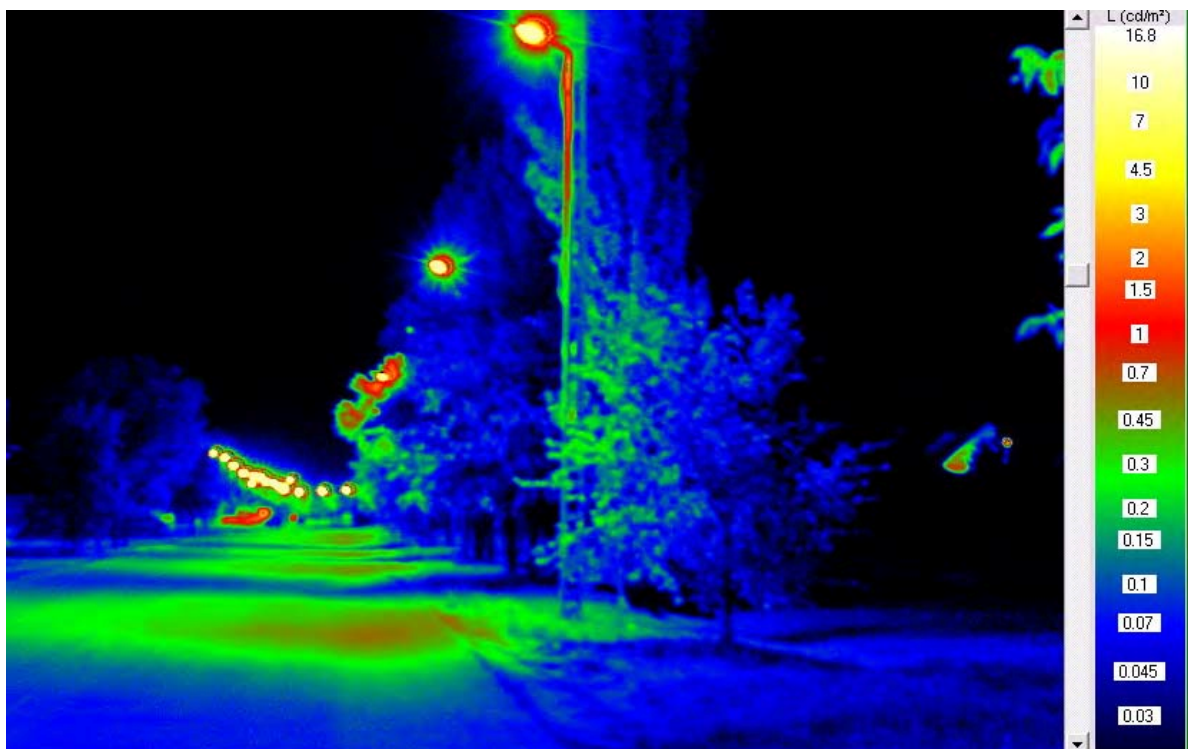


Abbildung 10. Leuchtdichte der Fahrbahn unter Induktionslampen.



#### 4. Internationaler Vergleich

Es ist zwar nicht beruhigend, dass im internationalen Kreis ähnliche Probleme gefunden wurden, aber es ist ersichtlich, dass man sich mit dem Problem beschäftigen muss. Die USA Behörde DOE betreibt eine umfangreiche Untersuchung zur Anwendung von LED-Leuchten<sup>2,3</sup>, wo auch gezeigt wurde, dass die zur Probe angemeldeten Leuchten nur bis zu 50 % den Normvorschriften entsprachen. Abbildung 11 zeigt das nächtliche Straßenbild einer Strasse, mit einer guten, und mit einer schlechten LED-Leuchte beleuchtet.



Abbildung 11. Straßenbilder von guten und schlechten LED-Leuchten beleuchteter Strasse.

#### 5. Zusammenfassung

International sind die Leuchtenhersteller noch in der Lernphase, um zu erproben, wie man mit LEDs gute Außenbeleuchtung erzielen kann.

Unsere Untersuchungen haben gezeigt, dass die Lichtverteilung der meisten LED Außenbeleuchtungslampen unzureichend ist. Oft konnten helle und dunkle Streifen in der Strassendeckenbeleuchtung beobachtet werden.

Probleme haben sich auch in den elektrischen Parametern der Leuchten gezeigt. Die Menge von Oberwellen war viel höher als von den Normen zugelassen.

Bevor Strassen mit neuen LED Leuchten ausgestattet werden, müssten die folgenden Punkte beachtet werden:

1. Die photometrischen Eigenschaften der Leuchten müssen den Normen entsprechen, und dies soll von unabhängigen Laboratorien überprüft werden.
2. Man muss überprüfen, ob die Leuchte die gewünschte Beleuchtungsstärken und Leuchtdichten erzeugt oder nicht.
3. Oft zeigt sich das Problem, dass die LEDs in der Leuchte bei einer zu hohen Temperatur betrieben werden, was die Lebensdauer verkürzen kann. Die Betriebstemperatur der LEDs muss überprüft werden (auch für die ungünstigste Außentemperatur).
4. Viele der Leuchten sind nur Prototypen, die sehr wartungsbedürftig sind. Um die lange Lebensdauer der LEDs nutzen zu können, muss die Leuchte ohne Wartung langfristig verwendbar sein.



Zusammenfassend kann man feststellen, dass LED-Leuchten für Außenbeleuchtung noch weiterentwickelt werden müssen, bevor ihre flächendeckende Einführung vorgeschlagen werden kann.

### *Literatur*

- 1 Fotios, St, Cheal Ch (2009) Road lighting for pedestrians in residential areas: Choosing the optimum lamp colour characteristics. Light & Lighting 2009 Conf., Budapest.
- 2 Siehe zB.: U.S. Department of Energy and Pacific Gas & Electric by Energy Solutions: Demonstration assessment of light emitting diode (LED) street lighting, Phase III Continuation, Host site: City of Oakland, California, Nov. 2008.
- 3 CALIPER Summary Report, January 2009.  
<http://www1.eere.energy.gov/buildings/ssl/caliper.html>