

# Neues Licht für Städte und Kommunen

## Wie LED-Technologie die Straßenbeleuchtung reformieren könnte

• Hoher Energieverbrauch, Lichtverschmutzung und Milliarden getöteter Insekten pro Jahr: Deutschlands Straßenbeleuchtung ist reformbedürftig. Die LED als alternatives Leuchtmittel könnte Abhilfe schaffen, wenn das Licht intelligent und sparsam eingesetzt wird. Die beiden Unternehmen AUTEV AG und HarzOptics GmbH haben in zweijähriger Entwicklungszeit eine LED-Straßenlampe – die AuLED – entworfen und getestet, mit der sich eine Vielzahl der theoretischen Vorteile von LED-Beleuchtung bereits realisieren lassen. Der Artikel liefert einen Überblick der mit der öffentlichen Straßenbeleuchtung verbundenen Probleme und stellt kurz Design, Funktionsweise und besondere Merkmale der AuLED vor.

### LEDs verändern die Welt des Lichts

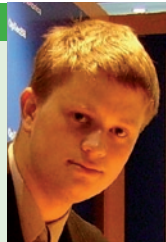
Die LED-Technologie hat seit ihren Anfängen in den 60er Jahren rasante Fortschritte gemacht. LEDs sind kompakt, äußerst langlebig und erzeugen Licht auf hochgradig effiziente Weise. Längst zeichnet sich ab, dass LEDs die Beleuchtungstechnik nachhaltig verändern werden – und das mit überaus positiven Resultaten. Laut Kim & Schubert [1] könnte man bei einem schrittweise erfolgenden, weltweiten Austausch herkömmlicher Lichtquellen mit LEDs im Verlauf der nächsten zehn Jahre mit einer Energieersparnis von etwa  $1,9 \times 10^{20}$  Joule, einer Verringerung der globalen  $\text{CO}_2$ -Emissionen um knapp 10,68 Gigatonnen sowie finanziellen Einsparungen jenseits einer Trillion US-Dollar rechnen.

Der Anreiz zum Umstieg auf LED-Technologie ist daher enorm. Zudem prädestinieren die physikalischen Eigenschaften der LED diese geradezu für den Einsatz in etlichen Bereichen, in denen gegenwärtig noch andere Leuchtmittel dominieren. Darunter fällt auch die nächtliche Straßenbeleuchtung, für die zurzeit primär Gasentladungslampen wie die Natriumdampflampe und die (überalterte) Quecksilberdampflampe eingesetzt werden. Bei der Beleuchtung von Straßen, Parkanla-

### DIE AUTOREN

#### CHRISTIAN REINBOTH

Nach dem Abschluss eines Studiums der Wirtschaftsinformatik an der Hochschule Harz beteiligte sich Christian Reinboth 2006 an der Gründung der HarzOptics GmbH, wo er für die Analyse der ökologischen Verträglichkeit diverser Beleuchtungsprodukte sowie für die Presse- und Öffentlichkeitsarbeit verantwortlich ist.



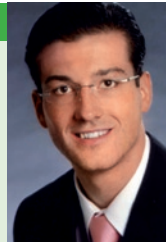
#### ULRICH FISCHER-HIRCHERT

Ulrich Fischer-Hirchert verbrachte nach seinem Studium der Physik und der anschließenden Promotion an der FU Berlin dreizehn Jahre am Heinrich-Hertz-Institut, bevor er 2001 zum Professor für Telekommunikationstechnik an der Hochschule Harz berufen wurde. Dort gründete er 2006 gemeinsam mit zwei Absolventen das An-Institut HarzOptics GmbH.



#### TIM DAVID

Tim David verbrachte als leitender Investment- und Beteiligungsmanager im Auftrag europäischer Unternehmen mehrere Jahre in Asien, wo er parallel ein Studium im Bereich des internationalen Managements an der Privaten Fachhochschule Göttingen abschloss. Seit 2007 leitet er die Abteilung Beleuchtungstechnik bei der Brandenburger AUTEV AG, einem auf Umwelt- und Kommunikationstechnik spezialisierten Dienstleistungsunternehmen.



Christian Reinboth  
Ulrich Fischer-Hirchert  
Tim David  
HarzOptics GmbH  
Dornbergsweg 2  
38855 Wernigerode  
Tel.: +49 (0)3943 935615  
Fax: +49 (0)3221 2364868  
E-Mail: creinboth@harzoptics.de  
Website: www.harzoptics.de

gen, Fußgängerzonen oder Tunnels mit LEDs lässt sich jedoch nicht nur viel Energie einsparen, es eröffnen sich auch ganz neue Möglichkeiten zur Bekämpfung eines vielfach unterschätzten Problems: der Lichtverschmutzung.

### Straßenbeleuchtung und Ökologie

#### Energieverbrauch der Straßenbeleuchtung

Wie eine Untersuchung des VDI aus dem Jahr 2007 zeigt [2], werden in Deutschland jedes Jahr etwa 4.000.000.000 Kilowattstunden (4 Terawattstunden) an Energie allein für die öf-

fentliche Straßenbeleuchtung aufgewendet. Unter Berücksichtigung des gegenwärtigen Energiemixes entspricht dies etwa 2,5 Millionen Tonnen des Treibhausgases  $\text{CO}_2$ , dessen zunehmender weltweiter Ausstoß als „Motor“ des anthropogenen Klimawandels gilt. Europaweit werden jährlich sogar 35 Terawattstunden für die Straßenbeleuchtung verbraucht, was in etwa dem gesamten Jahresbedarf von Berlin, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern gleichkommt.

Angesichts der ökologischen, wirtschaftlichen und politischen Herausforderungen, die durch den Klimawandel sowie durch die zunehmende Verknappung fossiler Rohstoffe entstehen, ist leicht ersichtlich, dass

eine spürbare Reduktion des Energieverbrauchs enormen gesellschaftlichen Nutzen nach sich ziehen würde. Für die Entscheider auf städtischer und kommunaler Ebene ergibt sich mit den steigenden Energiepreisen zudem ein weiterer Anreiz zur Neuordnung der öffentlichen Straßenbeleuchtung unter dem Gesichtspunkt der Energieeffizienz.

Eine erfolgreiche Reform sollte nach Ansicht der Autoren auf dem verstärkten Einsatz der LED aufbauen. Die zunehmende Effizienz der industriell verfügbaren LEDs, die sich etwa alle zwei Jahre verdoppelt, sowie fallende Marktpreise aufgrund verbesserter Produktionsmethoden, machen eine steigende Akzeptanz von LEDs in der Straßenbeleuchtung bis hin zu einer Dominanz von LED-Straßenlampen in etwa zehn Jahren wahrscheinlich. Nach Schätzung der Autoren könnte der Gesamtenergiebedarf der öffentlichen Straßenbeleuchtung durch einen schrittweisen Wechsel zur LED über die nächsten fünf bis zehn Jahre um mindestens 30% reduziert werden.

**Straßenbeleuchtung und Lichtverschmutzung**

Der Nutzen von LED-Straßenbeleuchtung beschränkt sich jedoch nicht nur auf die möglichen Energieeinsparungen, die LED-Technologie bietet darüber hinaus auch neue Lösungsansätze für ein ökologisches Problem, welches seit den 60er Jahren von der Öffentlichkeit und vielen Naturschützern weitestgehend unbeachtet um sich greift: die Lichtverschmutzung.

Als Lichtverschmutzung bezeichnet man in der Regel künstliches Nachtlicht (Abbildung 1), welches keinen sinnvollen Beleuchtungszweck erfüllt, da es direkt in den Himmel abgestrahlt wird oder aber Areale ausleuchtet, die keiner nächtlichen Beleuchtung bedürfen, beispielsweise Wände und Fenster. Der Begriff ist leicht irreführend, da nicht etwa das Licht selbst „verschmutzt“ wird, sondern vielmehr das künstlich erzeugte Licht die natürliche Dunkelheit zurückdrängt, weshalb häufig auch von „Lichtsmog“ die Rede ist.

Ein klassisches Beispiel hierfür sind die in der Straßenbeleuchtung noch vielfach verwendeten „Kugelleuchten“, die etwa die Hälfte des produzierten Lichts direkt in den Himmel abgeben. Über den Straßenbeleuchtungs-Bereich hinaus gilt zudem auch übermäßige nächtliche „Licht-Werbung“ als Lichtverschmutzung, beispielsweise stark beleuchtete Reklametafeln oder der Einsatz von Sky Beamern. In den letzten Jahren dazugekommen sind die „Bodenleuchten“ – in den Straßenbelag eingelassene Strahler, die der indirekten Beleuchtung dienen und (je nach Lage) häufig mehr als die Hälfte des Lichts in den Himmel strahlen (Abbildung 2).

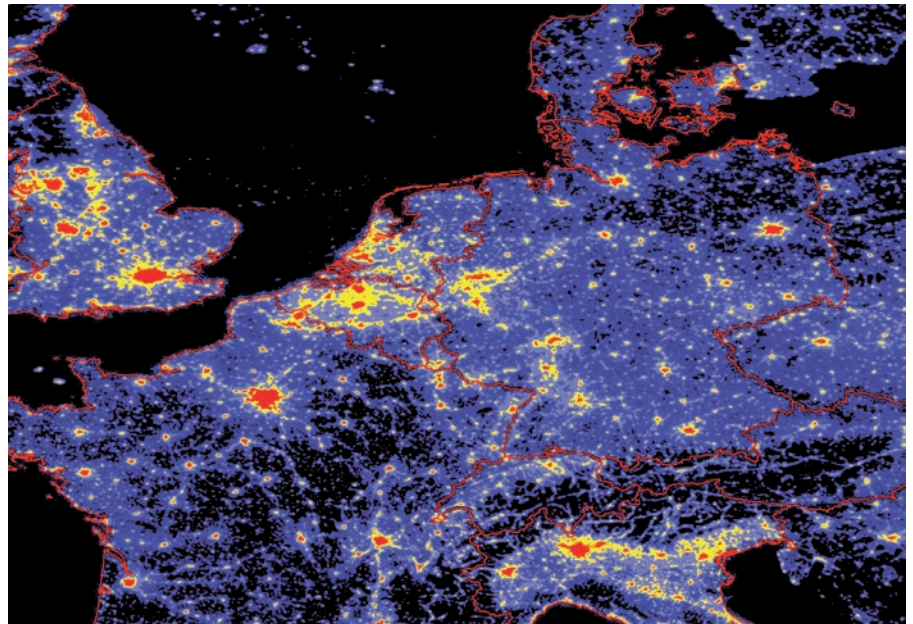


ABB. 1: Lichtverschmutzung in Europa.

(Quelle: A. Hänel, VdS-Fachgruppe „Dark Sky“, www.lichtverschmutzung.de)



ABB. 2: Dieser Bodenstrahler gibt einen Großteil des Lichts ungenutzt in den Himmel ab.

**► DIE FIRMA**

**HarzOptics GmbH**  
Wernigerode

Die Wernigeröder HarzOptics GmbH ist ein junger Dienstleister für optische Vermessungen, photonische Forschung und Entwicklung sowie Aus- und Weiterbildung im Bereich der optischen Nachrichtentechnik. Das Unternehmen ist zudem der exklusive Hersteller des Optoteach-Lehr- und Laborsystems, das erstmalig die POF-Datenübertragung mit der WDM-Technologie verknüpft. Als An-Institut der Hochschule Harz ist die HarzOptics GmbH der direkter Forschungspartner einer der wachstumsstärksten und innovativsten Hochschulen in Sachsen-Anhalt.

Übermäßige Lichtverschmutzung führt zu einer ganzen Reihe von Problemen, angefangen bei der Überstrahlung des Nachthimmels, welche die Sicht auf die Sterne erschwert und die Menschen eines wundervollen Anblicks beraubt, über Auswirkungen auf eine ganze Reihe dämmerungs- und nachtaktiver Lebewesen bis hin zu Folgen für die menschliche Gesundheit. So gibt es mittlerweile Hinweise darauf, dass sich eine übermäßige nächtliche Kunstbeleuchtung auf die Brustkrebsrate bei Frauen auswirken könnte [3].

Wie Cinzano et. al. belegen, hat die Lichtverschmutzung in den westlichen Staaten während der letzten Jahre rasant zugenommen – bereits heute kann über die Hälfte aller Europäer die Milchstraße mit bloßem Auge nicht mehr wahrnehmen [4]. Das Schweizer Bundesamt für Umwelt, Wald und Landwirtschaft stellte 2007 fest, dass die künstliche Beleuchtung auf einer Siedlungsfläche von knapp 2.800 Quadratkilometern dazu geführt hat, dass es in der gesamten Schweiz mit einer Fläche von 41.000 Quadratkilometern keinen einzigen Quadratkilometer mehr gibt, in dem noch natürliche Nachtverhältnisse vorherrschen [5].

Darüber hinaus geht die Lichtverschmutzung mit einer erheblichen Verschwendung von Energie einher. Bereits Anfang den 90er Jahre schätzten Hunter et al., dass etwa 30% der in den USA für die nächtliche Beleuchtung aufgewendeten Energie der Produktion von Lichtverschmutzung dienen, was dem Verbrauch von 8,2 Millionen Tonnen Kohle oder 30 Millionen Barrels Rohöl entspricht. Die Lichtverschmutzung kostete das Land zu diesem Zeitpunkt bereits mehr als eine Milliarde Dollar pro Jahr [6].



ABB. 3: AuLED-Straßenlampe aus der Lampen-Nullserie.

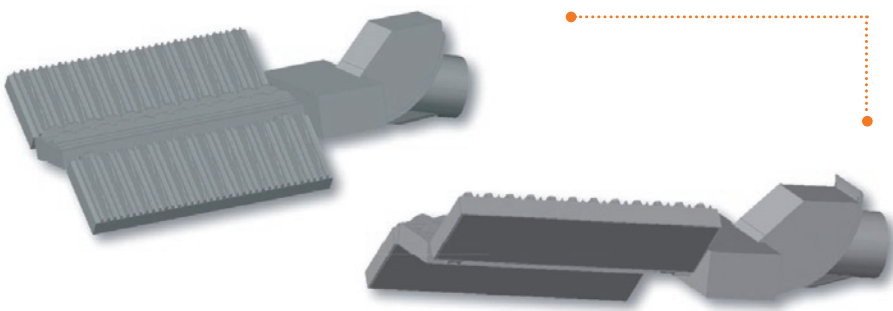


ABB. 4: CAD-Darstellung der Seitenflügel in verschiedenen Positionen.

### Ökologische Folgen der Lichtverschmutzung

Im Laufe der Evolution haben sich viele Lebewesen bemerkenswert gut an den durch Tag und Nacht vorgegebenen Rhythmus angepasst. Die lokal fast vollständige Verdrängung der Nacht durch künstliches Licht, hat für etliche dieser Lebewesen erhebliche Folgen. So finden beispielsweise die Jungen der Seeschildkröte nach dem Schlüpfen den Weg ins Wasser nicht, wenn der Strand zu hell beleuchtet ist. In unseren Breitengraden trifft es unter anderem Zugvögel, die durch Beleuchtung „eingefangen“ und von ihrem Kurs abgebracht werden. [7].

Insekten werden von der öffentlichen Straßenbeleuchtung in besonderem Maße beeinflusst. Bei Neumond und klaren Wetterverhältnissen können manche Insektenarten über eine Distanz von bis zu 700 m durch eine einzige Straßenlampe angelockt werden. Viele Tiere verbrennen in den Lampen oder kriechen in sie hinein und gehen dort zugrunde. Untersuchungen zufolge werden in den Sommermonaten pro Nacht

und pro Straßenlampe etwa 150 Insekten getötet. Damit sterben in Deutschland jede Nacht durchschnittlich etwa eine Milliarde Insekten in den Lampen – auf das Jahr hochgerechnet sind dies mehrere Billionen Tiere, die wiederum in eine Vielzahl ökologischer Prozesse (Bestäubung) und Nahrungsketten eingebunden sind [5].

Die aussichtsreichste Lösung dieser hier nur im Ansatz skizzierten Probleme besteht in einer möglichst weitgehenden Reduktion der Lichtverschmutzung. Dies bedeutet nicht, dass man auf „dunkle“ Städte hinarbeitet, sondern lediglich, dass Licht sparsam und nur dort eingesetzt werden sollte, wo es objektiv erforderlich ist. Die gute Fokussierbarkeit von LED-Licht gestattet eine deutlich gezieltere und Lichtverschmutzungs-ärmere Beleuchtung, als sie mit herkömmlichen Gasentladungslampen möglich ist. Eine Taktung der LEDs scheint zudem die Attraktivität der Lichtquellen für Insekten erheblich zu reduzieren – ein Effekt, der jedoch noch detaillierter untersucht werden muss.

### Die LED-Straßenlampe „AuLED“

Während der vergangenen zwei Jahre haben die Brandenburger AUTEV AG und die Wernigeröder HarzOptics GmbH eine LED-Straßenlampe – die AuLED – entwickelt, mit der sich nicht nur erhebliche Energieeinsparungen realisieren lassen, sondern die sich darüber hinaus auch durch eine hohe Insektenfreundlichkeit sowie die Möglichkeit zur Eingrenzung des Lichtmogs auszeichnet.

Nachfolgend soll kurz auf die vier wesentlichen Merkmale eingegangen werden, durch die sich die AuLED von konventionellen Gasentladungslampen unterscheidet:

**LEDs als Leuchtmittel:** Jede AuLED besteht aus 72 LEDs des Typs Cree X1, die kaltweißes Licht abgeben und sich auf drei Flächen verteilen, von denen zwei flexibel verstellbar sind. Verglichen mit herkömmlichen Natriumdampflampen verschiedener Bauart lassen sich aufgrund des je nach Typs 30 % bis 40 % geringeren Energieverbrauchs bei gleicher Beleuchtungsstärke durchschnittlich 100 € an Energiekosten pro Jahr und pro Lichtpunkt einsparen. Die LEDs ermöglichen zudem die äußerst präzise Ausrichtung des Lichts, wodurch eine auf die Minimierung von Lichtverschmutzung ausgerichtete Beleuchtungsplanung optimal unterstützt wird (Abbildung 3).

**Intelligente Dimmung:** Durch die stufenlos regelbare Dimmung der AuLED lassen sich weitere Einspareffekte realisieren. So ist es vielerorts möglich, das Beleuchtungsniveau während der späten Nachtstunden aufgrund der geringen Aktivität in den Straßen um bis zu 40 % zu senken, ohne dadurch die Sicherheit von Passanten oder Verkehrsteilnehmern zu gefährden.

Die für die Dimmung notwendige Lichtmodulation, die vom Menschen nicht wahrgenommen werden kann, sorgt zudem offenbar dafür, dass viele Insekten die Lampen nicht mehr als kohärente Lichtquelle wahrnehmen. Die natürliche Orientierung etlicher nachtaktiver Insektenarten am Licht des Mondes wird somit von der AuLED nicht beeinträchtigt. In einem vierwöchigen Feldversuch konnte bereits demonstriert werden, dass AuLEDs in der Nacht deutlich weniger Insekten anlocken als Natriumdampflampen. Da jedoch der Wirkmechanismus bislang nicht vollständig aufgeklärt ist, sind hinsichtlich der Insektenfreundlichkeit der AuLED noch weitere Untersuchungen notwendig.

**Bewegliche Seitenflächen:** Die Erfahrung zeigt, dass für eine Minimierung des Lichtmogs vor allem Straßenlampen benötigt werden, die zum einen nur das beleuchten, was auch beleuchtet werden

muss und zum anderen kein Licht nach oben oder in die Horizontale abstrahlen. Bei der AuLED wird diese Vorgabe mittels beweglicher Flächen realisiert, auf die zwei Drittel der LEDs aufgebracht sind. Die Abstrahlcharakteristika lassen sich dadurch für jede Lampe individuell einstellen, was wiederum eine optimierte Beleuchtungsplanung ermöglicht. Insbesondere lassen sich die Lampen jeweils in Abhängigkeit von Masthöhe und -abstand so konfigurieren, dass eine Abstrahlung in die Horizontale oder nach oben unterbunden wird.

**PowerLine-Ansteuerung:** Die Ansteuerung der Dimmregelung wird über ein PowerLine-System realisiert, d.h. das Steuerungssignal wird direkt auf die Stromleitung moduliert, der zugehörige Sender kann in jeden Schaltkasten eingesetzt werden und kontrolliert alle Lampen eines Straßenzugs. Eine zusätzliche Verkabelung der Lampen lässt sich auf diese Weise umgehen. Die individuelle Programmierung von Beleuchtungsplänen ist damit ebenfalls möglich, d.h. die Dimmung kann in Abhängigkeit von lokalen und jahreszeitlichen Verhältnissen reguliert und nach Einweisung durch den Hersteller jederzeit auch vom Betreiber selbst modifiziert werden (Abbildung 5).

### Fazit und Markthürden

Die Erfahrungen aus dem zweijährigen AuLED-Designprozess sowie die Ergebnisse der bisherigen Feldversuche, bestärken die Autoren in der Ansicht, dass die Bedeutung der LED als Leuchtmittel in der öffentlichen Straßenbeleuchtung in den nächsten Jahren deutlich zunehmen wird. Wie am Beispiel der AuLED gezeigt wurde, lassen sich mit LEDs nicht nur erhebliche Energieeinsparungen realisieren, das stärker gerichtete Licht sowie einige einfache Modifikationen des Lampenkopfes können zudem deutlich zur Minimierung der Lichtverschmutzung beitragen. Von großem Interesse ist auch der zu beobachtende Effekt auf das Anflugverhalten nachtaktiver Insekten, der jedoch noch näher untersucht werden muss.

Bei der Markteinführung der LED-Straßenlampe sind aus Sicht der Autoren zwei wesentliche Hürden zu überwinden: die Kostenfrage sowie die Akzeptanz in der Bevölkerung.

Generell ist festzustellen, dass die höheren Investitionskosten in die LED-Technologie von vielen Entscheidungsträgern auf kommunaler und städtischer Ebene noch gescheut werden. Zwar lässt sich beispielsweise für die AuLED belegen, dass sich die Investitionsdifferenz allein aufgrund des geringeren Energieverbrauchs selbst bei konstanten Energiepreisen bereits nach drei bis vier Jahren

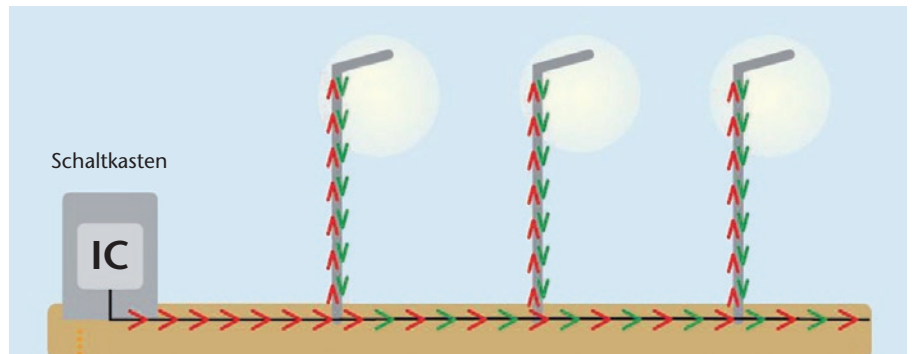


ABB. 5: Ansteuerung des Dimm-Mechanismus via PowerLine.

amortisiert hat, dennoch sorgen die höheren Initialkosten der „fremden“ Technik für eine gewisse Zurückhaltung. Dazu kommt noch, dass vielerorts auch regionale Energieversorger beispielsweise in Form von Stadtwerken in Entscheidungsprozesse eingebunden sind. Diese Versorger sind – bei entsprechender wirtschaftlicher Ausrichtung – naturgemäß nur schwer von einer Innovation zu überzeugen, die ihren Umsatz um ein Drittel bis die Hälfte reduziert.

Auch eine breite Akzeptanz in der Bevölkerung wird sich vermutlich erst mit der Zeit einstellen. Ähnlich wie bei der Einführung der ersten Natriumdampflampen, deren Licht einen höheren Gelbanteil als das der bis dato marktbeherrschenden Quecksilberdampflampen aufwies, wird das LED-Licht ebenfalls als geringfügig „anders“ wahrgenommen, was gewisse Akzeptanzprobleme mit sich bringt. Diesbezüglich wird in Städten und Kommunen noch viel Überzeugungsarbeit zu leisten sein, der steigende Kostendruck sowie die EU-Vorgabe, alle Quecksilberdampflampen bis 2011 zu ersetzen, dürften diesen Prozess jedoch unterstützen. Dazu kommt eine gesteigerte Sensibilisierung der Gesellschaft bezüglich der Klimawandel-Problematik, die nach Ansicht der Autoren ebenfalls zur schnelleren Akzeptanz der Technik beitragen könnte.

Dabei darf jedoch keinesfalls vergessen werden, dass den großen ökologischen Chancen von LED-Beleuchtung auch gewisse Risiken gegenüberstehen. Die Möglichkeit, mit geringen Energiekosten auch großflächig beleuchten zu können, könnte durchaus dazu führen, dass zukünftig sehr viel mehr beleuchtet wird – insbesondere im Bereich der Werbung – und dass auf diese Weise die durch die höhere Energieeffizienz und die gezieltere Beleuchtung bedingten Positiveffekte neutralisiert werden. Auch bei LED-Straßenlampen und anderer LED-Beleuchtung sollte daher gelten, dass sie nur dort eingesetzt wird, wo nächtliche Beleuchtung auch erforderlich ist. Hier ist letztendlich das Verantwortungsbewusst-

sein all derer gefragt, die über öffentliche oder kommerzielle Beleuchtungsvorhaben zu befinden haben.

### Referenzen

- [1] Kim, J. K & Schubert, E. F.: Transcending the replacement paradigm of solid-state lighting; in: Optics Express Vol. 16, No. 26., New York, 2008.
- [2] Spilok, K: Trübe Funzeln und leuchtende Vorbilder, VDI-Nachrichten, Stuttgart, 25.01.2008.
- [3] Kloog, I., Haim, A; Stevens, R. G.; Barchana, M. & Portnov, B. A.: Light at night co-distributes with incident breast but not lung cancer in the female population of Israel, in: Chronobiology International 2008 Feb;25(1):65-81.
- [4] Cinzano, P.; Falchi, F. & Elvidge, C.: The first world atlas of the artificial night sky brightness, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 328, 689-707, 2001.
- [5] o. V.: Empfehlungen zur Vermeidung von Lichtemissionen – Ausmass, Ursachen und Auswirkungen für die Umwelt, herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 2005.
- [6] Hunter, T. & Crawford, L: Economics of Light Pollution, Light Pollution, Radio Interference, and Space Debris, ASP Conference Series, Vol. 17, IAU Colloquium 112, D. L. Crawford, Ed., p. 89, 1991.
- [7] Longcore, T. & Rich, C.: Ecological Light Pollution, Frontiers in Ecology and the Environment 2(4):191-198, 2004.