

Optikdesign als Schlüsseltechnologie für LED-Leuchten

Angelika Hofmann, Andreas Timinger

OEC AG, München

<mailto:Hofmann@oec.net>

Die LED als Lichtquelle steht an der Schwelle zur Massenanwendung in sehr verschiedenen Märkten. Bei der Entwicklung guter LED-Produkte nimmt die Optikentwicklung eine Schlüsselrolle ein. Als Anwendungsbeispiele berichten wir über LED-Taschenlampen, Architekturbeleuchtung und Straßenbeleuchtung.

1 Einführung

Mit LED-Beleuchtung verbinden sich im Allgemeinen hohe – oft jedoch diffuse – Erwartungen: Neben einem geringen Energieverbrauch bzw. einer hohen Effizienz sowie der langen Lebensdauer wird eine hohe Farbqualität vorausgesetzt. Weitere Faktoren, die für LEDs sprechen sollen, sind die Dimmbarkeit, ein instantanes Anschaltverhalten und nicht zuletzt der kleine Formfaktor, der eine große Designfreiheit ermöglicht.

Beim Blick auf den aktuellen Stand der Technik im Bereich LED-Leuchten setzt jedoch nicht selten eine gewisse Ernüchterung ein: geringe Helligkeit, schlechte Farbqualität (Farbränder) sowie Blendung bzw. Streulicht werden den hohen Erwartungen nicht gerecht. Teilweise kommt noch ein relativ hoher Energieverbrauch durch den Einsatz zu vieler LEDs hinzu. Insgesamt erscheint der hohe Preis dann häufig nicht gerechtfertigt.

Sorgfältige Entwicklungsarbeit kann viele dieser ‚Kinderkrankheiten‘ vermeiden, wobei die Kombination der LEDs mit guter Optik unerlässlich ist.

2 Schlüsselrolle Optikdesign

Zunächst stellt sich die Frage, was *gut* für die jeweilige konkrete Anwendung eigentlich bedeutet. Dabei zeigt sich, dass sowohl die technischen als auch die ökonomischen Anforderungen in den diversen Märkten sehr unterschiedlich sind. Deswegen genügt für eine gute LED-Beleuchtung in der Regel keine universell einsetzbare Katalogoptik.

Stattdessen ist ein individuelles Optikdesign basierend auf den konkreten anwendungsspezifischen Anforderungen erforderlich. Dabei ist eine enge Zusammenarbeit mit dem Kunden, den Experten des Thermo-, Mechanik- und Elektronikdesigns sowie der Produktion notwendig, um die gewünschte hohe Qualität der gesamten Leuchte sicherzustellen. Toleranzrechnungen legen dabei den Rahmen für Fertigungsgenauigkeiten fest und ermöglichen die Kostenkontrolle in der Fertigungsplanung.

Hierbei stellt das Optikdesign eine Schlüsseltechnologie dar. Mit maßgeschneiderten Freiformoptiken [1] kann eine hohe Effizienz erreicht und damit das kostbare LED-Licht besser genutzt werden. Darüber hinaus ermöglichen sie ungewöhnliche Lichtverteilungen, die mit anderen Lichtquellen nicht möglich sind. Dies soll im Folgenden an Anwendungsbeispielen verdeutlicht werden.

3 LED-Taschenlampen

Bei Taschenlampen handelt es sich um ein Endkundenprodukt, bei dem vor allem die Helligkeit im Vordergrund steht. Im vorliegenden Fall sollen die Taschenlampen darüber hinaus fokussierbar sein.

Diese Anforderungen können mit den von uns für Zweibrüder Optoelectronics GmbH maßgeschneiderten Reflektorlinsen (TIR-Linsen) mit hoher Effizienz erfüllt werden [2]. Abbildung 1 zeigt eine Prinzipskizze einer solchen TIR-Linse in der fokussierten (Designposition) sowie defokussierten Stellung.

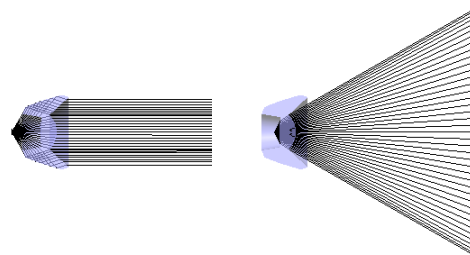


Abb. 1 Prinzipskizze einer maßgeschneiderten Reflektorlinse für LED-Taschenlampen. Falsch- und Streulichtpfade sind in dieser Skizze nicht dargestellt.

4 LED-Straßenbeleuchtung

Im Bereich Straßenbeleuchtung stellen ökonomische Aspekte die wesentlichen Entscheidungskriterien dar. Dabei soll mit einem möglichst geringen Stromverbrauch eine normgerechte Ausleuchtung sichergestellt werden. Zudem erfordern möglichst geringe Herstellungskosten ein einfach aufgebautes System, bei dem z. B. keine aufwändige Einzelplatzierung vieler LEDs nötig sein darf. Aus der

Forderung geringer Installationskosten ergibt sich ein möglichst großer Mastabstand.

Abbildung 2 zeigt eine LED-Straßenleuchte von KS Luminance Technology, die alle diese Anforderungen erfüllen kann.

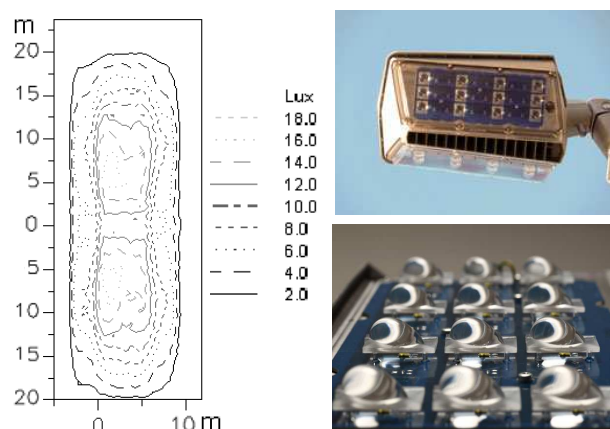


Abb. 2 Links: Beleuchtungsstärkeverteilung im rechteckigen Zielbereich. Rechts oben: LED-Straßenleuchte LT SL (Datenblatt: <http://kslt.de/led-strassenleuchte-lt-sl-6m05.php>). Rechts unten: LEDs mit Freiformoptiken zur Lichtlenkung. Fotos: KS Luminance Technology

Hierfür haben wir zwei zueinander spiegelsymmetrische 3D-maßgeschneiderte Freiformoptiken entwickelt, die für eine gezielte Lichtlenkung sorgen und damit bei einer Masthöhe von 6 m einen Mastabstand von 30-35 m erlauben. Dabei werden mehr als 70% des Lichtes im Zielbereich genutzt, so dass nur wenig Streulicht (Lichtverschmutzung) entsteht. Die gesamte Leuchte verbraucht weniger als 30 W elektrische Leistung (5 Lux-Variante), was einer Energieeinsparung von über 50% im Vergleich zu guten konventionellen Straßenleuchten entspricht.

5 LED-Architekturbeleuchtung

Bei der Architekturbeleuchtung handelt es sich um einen völlig anderen Markt, hier spielen insbesondere ästhetische Aspekte eine große Rolle. Die Anforderungen unterscheiden sich deswegen sehr stark von den zuvor genannten: Sehr wichtig ist die Realisierung individueller Lichtverteilungen für Sonderleuchten. Häufig wird eine sehr kleine Leuchte mit wenig Streulicht gewünscht, so dass die Beleuchtung aus einer „unsichtbaren Lichtquelle“ zu kommen scheint. Daneben spielen die Farbauswahl und/oder -kontrolle eine Rolle [3]. Für Sonderleuchten dürfen die Herstellungskosten in der Regel durchaus etwas höher sein als bei Standardleuchten, es stehen jedoch meist nur sehr kurze Entwicklungszeiten zur Verfügung.

Als Beispiel dient hier der Angerhof in München (s. Abb. 3). Vorgabe des Lichtplaners Ingo Maurer war, nur die Fensterlaibungen gleichmäßig und farblich abgestimmt auf die Außenfassade zu beleuchten. Dabei darf bei diesem sehr hochwertigen

Gebäude kein störendes Streulicht entstehen. Diese Vorgaben können nur durch den Einsatz von maßgeschneiderten Freiformoptiken erreicht werden.



Abb. 3 Oben: Der Angerhof in München (Bauherr: Wöhr + Bauer, Foto: Marcus Vetter). Unten: Maßgeschneiderter Freiformspiegel, der für die Ausleuchtung einer schmalen rechteckigen Fläche aus einem sehr flachen Winkel (rechts) sorgt.

Das Herzstück der Leuchten besteht aus 3D-maßgeschneiderten Freiformreflektoren, die wir speziell für diese Aufgabe entwickelt haben. Diese wurden im Spritzgußverfahren hergestellt und erfüllen mit je 2 LEDs (zur Farbmischung) die strengen Anforderungen. Die 3000 installierten Leuchten verbrauchen insgesamt weniger als 2 kW elektrische Leistung.

6 Fazit

Da eine gute Beleuchtungsoptik wesentlich ist für gute LED-Produkte, spielt bei deren Entwicklung das Optikdesign eine Schlüsselrolle. Dabei können mit maßgeschneiderten Freiformoptiken anwendungsspezifische Lichtverteilungen erzeugt und mit hoher Effizienz (> 70-80%) das LED-Licht ins Zielgebiet gelenkt werden. Dadurch sind weniger LEDs nötig, und derartige LED-Produkte können auch ökonomisch konkurrenzfähig sein.

Literatur

- [1] H. Ries, J. Muschaweck: "Tailored freeform optical surfaces", J. Opt. Soc. Am. A/Vol. 19, No. 3/March 2002
- [2] R. Opolka, A. Timinger: „LED illumination module“, United States Patent 7461960, 2008
- [3] A Timinger: „Optics design for Colour Mixing LEDs“, LED professional Review, Mar/Apr 2008, 1-4