

LED Straßenbeleuchtung mit Lichtleitern

A. Taranka, M. Gebhard, B. Heck, A. von Hoffmann

Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik (efi)
Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm

<mailto:alena.taranka@th-nuernberg.de>

Für eine moderne blendungsreduzierte LED-Straßenbeleuchtung mit Lichtleitern wurden zwei Methoden simulatorisch untersucht. Die für die Simulation benötigten BSDF Daten werden hierfür mit Hilfe eines BSDF Messgerätes aus eigener Konstruktion erfasst.

1 Moderne Straßenbeleuchtung

Die öffentliche Beleuchtung ist ein fundamentaler Bestandteil des Urbanedesigns, die für die Sicherheit im Straßenverkehr sorgt. Dafür muss die Beleuchtungsanlage verschiedene technische [1] und wirtschaftliche Anforderungen erfüllen. Dabei hängt die Effizienz des Beleuchtungssystems ab von den Aspekten

- der Lichtausbeute von Lichtquelle,
- Steuer- und Vorschaltgeräten,
- der Lichtlenkung (z.B. Reflektor),
- den Reflexionseigenschaften der Straße,
- der gesamten Leuchtgeometrie (Masthöhe und Abstand) [2].

Aufgrund der Vorteile der energieeffizienten LED-Lichtquellen ist diese Technologie in der modernen Straßenbeleuchtung weit verbreitet. Dabei dienen sekundäroptische Komponenten, z.B. TIR-Linsen und Reflektoren der Lichtsteuerung. Entsprechend der optischen Gesetze lässt sich der Lichtstrom von kleinen Lichtaustrittsflächen, Lichtspots, besser bündeln und lenken als von großvolumigen Lichtquellen.

2 Blendung

Allerdings verursachen die kleinen Lichtaustrittsflächen der Kollimatoroptik hohe Leuchtdichten. Das kann beim Betrachter zu einer unangenehm blendenden Wahrnehmung führen [3]. Um dies zu vermeiden, stellen wir eine alternative Beleuchtungsanlage vor, die aus LEDs und Lichtleitern besteht.

Der großflächige Lichtleiter sorgt für eine deutliche Vergrößerung der lichtemittierenden Fläche und setzt dabei deren Leuchtdichte signifikant herab.

3 Simulation

Im dieser Arbeit haben wir zwei Methoden zur Lichtleiterauslegung simulatorisch verglichen. In der einen Methode erfolgt die Lichtauskopplung via

2D-Streustrukturen („Dots“). Diese sorgen für eine gute Lichtdurchmischung und dadurch für ein homogenes Erscheinungsbild. Jedoch ist eine Ziehlichtverteilung nur bedingt erreichbar.

Die andere Methode basiert auf eingebrachte großen Prismenstrukturen und bietet im Gegensatz hierzu die Möglichkeit der Realisierung von komplexeren Ziellichtverteilungen. Hierbei wurde in den Simulationen eine lichttechnische Effizienz von über 60% erreicht. Dabei wird eine geringere mittlere Leuchtdichte erzeugt, die für eine blendungsreduzierte Beleuchtung spricht.

Für unsere Forschung zur Lichtleiterauslegung setzen wir die kommerziell erhältliche Simulationssoftware *LucidShape* ein.

4 BSDF Grundlagen

BSDF (*bidirectional scattering distribution function*) Daten werden primär für realitätsnahe optische Simulationen und Renderings eingesetzt. Diese beschreiben die winkelabhängige optische Streueigenschaft einer Probe. BSDF beinhaltet im Gegensatz zu BRDF nicht nur Reflektions-, sondern auch Transmissions- und Volumenstreuungseigenschaften.

5 Messprinzip

Um die Probe aus allen Raumwinkeln zu vermessen, wird ein 3-Achsen-Goniometer aus eigener Konstruktion eingesetzt (Abb. 1). Verschiedene Lichtquellen ermöglichen sowohl die Aufnahme der $V(\lambda)$ -korrigierten Messung, als auch die Messung definierter Wellenlängen im sichtbaren Spektrum.

Die hohe Dynamik des Sensors ermöglicht selbst bei hohen Intensitäten die Vermessung lichtschwacher Bereiche. Diese Bereiche treten vor allem unter flachen Beobachtungswinkeln auf und limitieren hier oftmals die lokale Datenqualität. Besonders im Straßenverkehr spielen flache Anleuchtungs- und Beobachtungswinkel, z.B. bei KFZ Scheinwerfern auf der Fahrbahn, eine entscheidende Rolle.

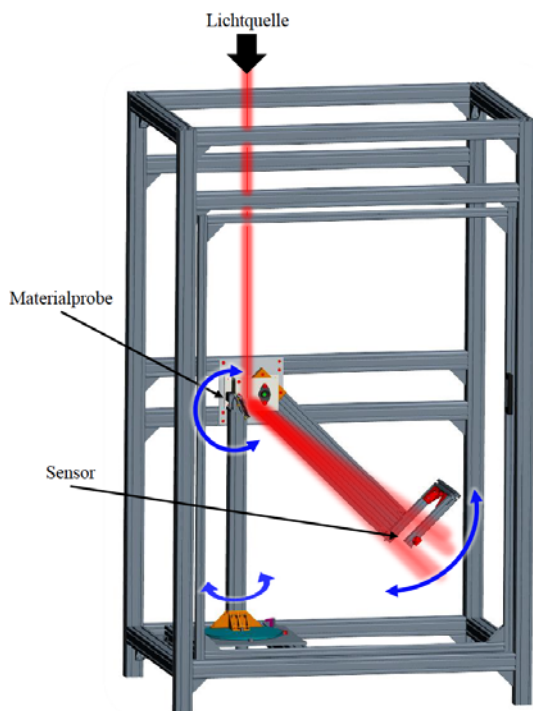


Abb. 1 Schematische Darstellung des BSDF Messgerätes.

6 Anwendung

Besonders in CAL-Software wie LucidShape sind die gewonnenen Daten wichtig für die Erstellung physikalischer Modelle und der daraus resultierenden Qualität der Simulationsergebnisse.

Generell kann BSDF als Datensatz von Messpunkten oder als Funktion in LucidShape eingebunden werden. Der Datensatz ist insgesamt genauer, hat jedoch den Nachteil, dass nach dem letzten Messpunkt keine sinnvolle Interpolation mehr möglich ist. Die Funktion besteht aus einem angenäherten physikalischen Modell (z.B. Shirley) und ermöglicht den Einsatz in jedwedem Winkelbereich. Dies ist vor allem für sehr flache Winkel notwendig.

Literatur

- [1] DIN EN 13201-1 (2005-11). Straßenbeleuchtung. Auswahl von Beleuchtungsklassen
- [2] Effizientere Straßenbeleuchtung. Handreichung für Kommunen. Baden-Württemberg, 2009
- [3] H.-D. Reidenbach, K. Dollinger, G. Ott, M. Janßen, M. Brose „Blendung durch optische Strahlungsquellen“, 2008