LED-Vorsatzoptiken: Formen, Toleranzen und Anforderungen

2

Erst durch den Einsatz von Vorsatzoptiken kann das volle Potenzial der LED-Lichttechnik effizient genutzt werden. Das Licht der LED wird mit Hilfe einer Vorsatzoptik aus Kunststoff so geformt, dass es dort ankommt, wo es benötigt wird und somit vielseitig einsetzbar ist. Anwendungsgebiete ergeben sich im Bereich der Beleuchtung von Wohn- und Büroräumen, von Gebäuden und Straßen aber auch beispielsweise im Automobilbereich, der Signal- und Werbebeleuchtung sowie der Medizintechnik.

Bei diesen Beleuchtungsanwendungen spielt die Lichtverteilung eine entscheidende Rolle. Da die Lichtemission von Leuchtdioden punktförmig erfolgt, werden zur punktuellen und diffusen Ausstrahlung von Objekten sowohl Diffusionslinsen und Reflektoren als auch Kollimatoren benutzt, mit denen der Lichtstrahl in seinem Abstrahlwinkel verändert werden kann. Die vorwiegenden physikalischen Wirkprinzipien bei Beleuchtungsoptiken sind die Refraktion (Lichtbrechung) und Reflektion. Im Bereich abbildender Optiken werden darüber hinaus noch diffraktive optische Elemente (Lichtbeugung) eingesetzt.

Eine LED ohne Vorsatzoptik entspricht meistens annähernd einem lambertschen Strahler. Eine lambertsche Abstrahlung ist in den meisten Anwendungsfällen jedoch nicht gewünscht, da für Beleuchtungsanwendungen keine Bildschirmarbeitsplatztauglichkeit nach DIN EN 12464-1 und keine verminderte Blendwirkung nach UGR erreicht wird. Aus diesem Grund ist eine Strahlformung mittels Linse notwendig. Die hierzu eingesetzten LED-Vorsatzoptiken sind dabei nach ihrer Abstrahlcharakteristik zu unterscheiden, wobei die Batwing-Verteilung besonders hervorzuheben ist.

Die Batwing-Lichtcharakteristik, ursprünglich für Verkehrsampeln konzipiert, bezeichnet die Lichtstärke-Verteilung einer Leuchte mit betont breitstreuendem Abstrahlprofil (Hoerberg 2007, S. 14). Die Namensgebung erfolgte aufgrund der einer flügelförmigen Form ähnelnden Lichtstärke-Verteilungskurve (Abb. 2.1,

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2016

C. Brecher et al., *Kunststoffkomponenten für LED-Beleuchtungsanwendungen,*
essentials, DOI 10.1007/978-3-658-12250-8_2

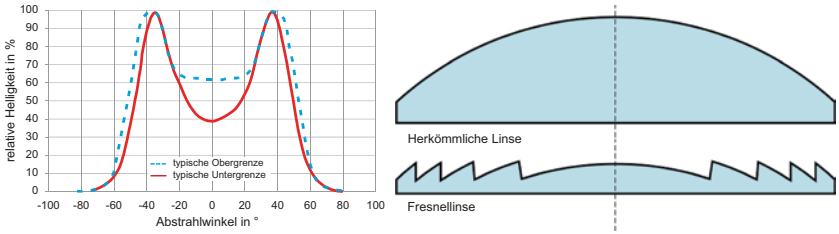


Abb. 2.1 Abstrahlcharakteristik einer Batwing-Optik und Prinzipskizze einer Fresnellinse

links). Das Licht wird hierbei in einem Kegel mit 40–60° Öffnungswinkel verstärkt und in der Mitte leicht abgeblendet. Um diese Lichtcharakteristik zu erzielen, kommen oftmals Fresneloptiken zum Einsatz (Abb. 2.1, *rechts*). Ausschlaggebend für die refraktiven Eigenschaften einer Optik ist hauptsächlich die Krümmung der Grenzfläche zweier Stoffe (z. B.: Kunststoff und Umgebungsluft). Dieser Aspekt wird sich bei Fresneloptiken zunutze gemacht, indem die Oberfläche der Optik mit konzentrischen Ringsegmenten versehen wird, die für eine gezielte Sammlung bzw. Ablenkung des Lichtes sorgen. Die Dicke der Linse wird also reduziert, was sowohl Volumen und Bauhöhe als auch Gewicht im Verhältnis zur ursprünglichen Volllinse deutlich verringert.

Der am häufigsten verwendete Typ für LED-Vorsatzoptiken ist der TIR-Kollimator (Total Internal Reflecion). Diese Mischoptik verwendet eine Kombination aus einer zentralen refraktiven Linsenfläche und einer totalreflektierenden seitlichen Flanke der Polymeroptik. Das emittierte Punktlicht der LED wird dabei kollimiert. Das bedeutet, dass wie bei einem Parabolspiegel ein paralleler Lichtstrahl erzeugt wird. Typischerweise weisen TIR-Linsen ein rotationssymmetrisches Design auf, die eine gleichmäßige kreisförmige Lichtverteilung ermöglicht. Abbildung 2.2 verdeutlicht das Funktionsprinzip schematisch. TIR-Linsen sind aufgrund des verwendeten Prinzips der Totalreflexion äußerst effizient und können Lichtenergie aus verschiedenen Richtungen zu einem gebündelten Lichtstrahl fokussieren. Noch engere Strahlen lassen sich mit einem katadioptrischen System erzielen: das emittierte Licht passiert einen Glaskonus und trifft schräg auf eine reflektierende Schicht an der Öffnung des Reflektors. Von dort wird es in diesen zurückgeworfen und im Reflektor so reflektiert, dass es diesen als schmales, paralleles Lichtbündel verlässt.

In den letzten Jahren haben sich darüber hinaus zunehmend LED-Vorsatzoptiken mit Freiformoberflächen etabliert, d. h. Oberflächen, die nicht durch eine geringe Anzahl an Freiheitsgraden beschreibbar sind wie bspw. Sphären oder Asphären, sondern über viele tausende Parameter beschrieben werden (i. A. als

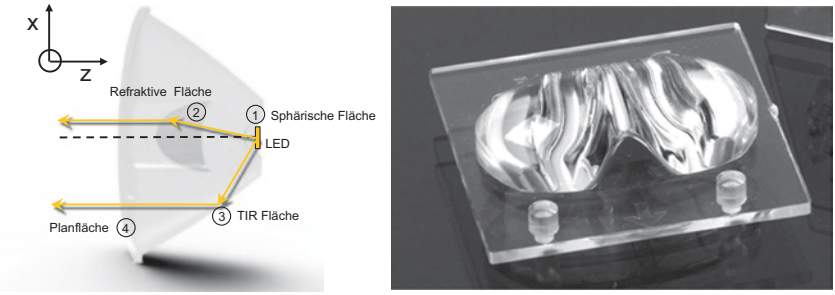


Abb. 2.2 Funktionsweise TIR-Kollimator-Linse und On-Axis-Freiformoptik für LED-Straßenbeleuchtung

Spline-Oberflächen). Durch die Beziehung zwischen Eingangs- und Ausgangsstrahlen wird die optische Freiformfläche bestimmt: jedem Punkt der Oberfläche wird eine Normalenrichtung zugewiesen, sodass genau eine Eingangsrichtung mit einer Ausgangsrichtung über Brechung oder Totalreflexion verknüpft wird. Somit sind mit Hilfe von Freiformflächen beliebige Lichtverteilungen realisierbar. Neben klassischen On-Axis-Flächen, die eine zentrische Ausleuchtung vorsehen, ist es mit Off-Axis-Flächen der Freiformoptik zudem möglich, seitlich versetzte Ausleuchtungsprofile mit gewünschtem Intensitätsprofil zu projizieren.

Für viele LED-Vorsatzoptiken aus Kunststoff gilt, dass diese grundsätzlich auch als Arrays für multiple LED-Anordnungen ausgelegt werden können. Hierbei sind die dem Stand der Technik entsprechenden Toleranzen einer Einzeloptik entsprechend auf das Gesamtsystem zu übertragen. Beispielhaft sind hier die Toleranzen für die Mittendicke mit ±0,01–0,05 mm und die Zentriergenauigkeit von 0,02–0,05 mm zu nennen (Bäumer 2005, S. 28). Die Integration mechanischer Elemente zur Montage und die Überlagerung der Optik mit Mikrostrukturen (Diffusorstruktur) stellen weitere Möglichkeiten zur Funktionsintegration dar. Zu beachten ist beim Einsatz kunststoffbasierten LED-Vorsatzoptiken das Wärmemanagement des Lichtsystems, da in Abhängigkeit des verwendeten thermoplastischen Kunststoffes die zulässige Dauergebrauchstemperatur (z. B. PMMA < 85°) nicht überschritten werden darf. Die hohe Qualität der Optik und der damit verbundene Herstellungsprozess sind maßgeblich entscheidend für die optische Anwendung und für deren Erfolg.

Die geometrischen Vorgaben, die sich aus dem optischen Design für Polymeroptiken ergeben, stellen in vielerlei Hinsicht eine Herausforderung für die Fertigungstechnologie dar: große Wandstärken, geringe Kantenverrundungen sowie höchste Oberflächengüten in Kombination mit geringen Formtoleranzen erfordern

angepasste Verfahrensvarianten entlang der gesamten Produktionskette von Polymeroptiken. Neben technischen Gesichtspunkten ist darüber hinaus ein hoher Kostendruck bei der Herstellung von Polymeroptiken zu berücksichtigen, wodurch weitere Einschränkungen insbesondere hinsichtlich möglicher Zykluszeiten zur Präzisionssteigerung im Spritzgussprozess resultieren. In den folgenden Kapiteln werden Technologien vorgestellt, mit Hilfe derer den widersprüchlichen Anforderungen der Optikfertigung begegnet werden kann.

http://www.springer.com/978-3-658-12249-2

Kunststoffkomponenten für
LED-Beleuchtungsanwendungen
Werkzeugtechnik, Replikation und Metrologie
Brecher, C.; Baum, C.; Meiers, B.; De Simone, D.;
Krappig, R.
2016, VIII, 58 S. 25 Abb., Softcover
ISBN: 978-3-658-12249-2