

LICHT

4 | 2018

Ausgabe Juni

70. Jahrgang

www.lichtnet.de

PLANUNG | DESIGN | TECHNIK | WISSENSCHAFT

TUNABLE WHITE

Funktionen, Anwendungen, Ergebnisse

GESUNDHEIT + SPORT

Licht für Kliniken, Pflegeheime und Sportstätten

NEUE SERIE

Recht im Licht

WÄRMER ALS GEDACHT

THERMOGRAFIE AN LED-OPTIKEN

Das Wärmemanagement von LEDs hat sich in den vergangenen Jahren erheblich verbessert. Im Fokus stehen die Entwärmung der LED und die Stabilität der in der LED integrierten primären Optik. Der Erwärmung der Sekundäroptik wird allerdings weitaus weniger Aufmerksamkeit geschenkt. Dabei kann es durchaus vorkommen, dass die zulässige Betriebstemperatur der Sekundäroptik überschritten wird, während die Temperaturgrenzen für die LED und die Primäroptik eingehalten werden. Dies ist besonders kritisch, wenn die Sekundäroptik aus organischen Polymeren besteht. Infrarot-Thermografie ermöglicht die Bestimmung der Oberflächentemperatur von Polymeroptiken. Nach entsprechender Präparation (Querschnitt) kann zusätzlich das Temperaturprofil in der Optik untersucht werden.

MATERIALEIGENSCHAFTEN

Obwohl Silikon oder Glasoptiken eine temperaturstabilere Alternative darstellen, werden wegen ihrer Kosten- und Gewichtsvorteile für LEDs zumeist Optiken aus organischen Polymeren bevorzugt. Die üblicherweise eingesetzten Materialien sind Polymethylmethacrylat (PMMA) und Polycarbonat (PC). Beide besitzen, für den Einsatz als LED-Optiken angepasst, hervorragende optische Eigenschaften mit einem Transmissionsgrad im sichtbaren Spektralbereich von 92 % für PMMA und 90 % für PC (Werte gemäß ASTM D 1003). Der etwas geringere Transmissionsgrad von PC ist auf den geringfügig höheren Brechungsindex zurückzuführen.

Abhängig von der genauen Zusammensetzung liegt die Wärmeformbeständigkeit (Heat Deflection Temperature HDT) bei etwa 95 °C für

PMMA und 122 °C für PC (Werte gemäß ISO 75 bei 1,8 MPa). Falls die Sekundäroptik über einen längeren Zeitraum oberhalb dieser Temperaturen betrieben wird, ist es durchaus möglich, dass sich die optischen Eigenschaften ändern. Im schlimmsten Fall tritt sogar eine Verformung der Sekundäroptik ein. Zur besseren Abschätzung dieser Risiken ist eine genaue Kenntnis der Temperaturverteilung innerhalb der Sekundäroptik von entscheidender Bedeutung.

UNTERSUCHUNGSDESIGN

Die Temperaturprofile zweier Sekundäroptiken aus PMMA und PC werden im Folgenden beim Einsatz in einem Hochleistungs-LED-Modul genau untersucht. Die beiden Optiken besitzen dieselbe Geometrie, unterscheiden sich lediglich im Material. Abb. 1 zeigt eine Skizze des verwendeten LED-Moduls und der untersuchten Optik. Das LED-Modul besteht aus einem 2x2-Array mit vier in Serie verschalteten Hochleistungs-LEDs auf einer Leiterplatte mit Aluminiumkern.

Eine zuverlässige Messung der Oberflächentemperatur ist mit Infrarot-Thermografie möglich. Zur exakten Temperaturbestimmung ist eine genaue Kenntnis des Emissionsgrades der verschiedenen Materialien nötig. Hierfür wird das LED-Modul an ausgewählten Stellen geschwärzt. Die geschwärzten Flächen besitzen einen Emissionsgrad von 1. Eine Schwärzung der Polymer-Optiken ist allerdings nicht sinnvoll. Die Optiken würden an den geschwärzten Stellen das Licht der LED absorbieren, was zu einer zusätzlichen Erwärmung der Optik und verfälschten Ergebnissen führen würde. Deshalb wird der Emissionsgrad der Optiken mittels Infrarotspektroskopie bestimmt. Es ergibt sich sowohl für PMMA als auch für PC ein Wert von 0,95.

Um den Betrieb in einer warmen Umgebung zu simulieren, wird der Probenträger mit einer externen Heizung auf einer Temperatur von 85 °C gehalten. Das LED-Modul wird mit einem Strom von 1 050 mA versorgt, die aufgenommene elektrische Leistung beträgt etwa 13 W. Vor den Thermografiemessungen wird das Modul für zwei Stunden betrieben, um das Erreichen eines thermischen Gleichgewichts sicherzustellen.

MESSERGEBNISSE FÜR DAS MODUL OHNE SEKUNDÄROPTIK

Abb. 2 zeigt eine Thermografieaufnahme des LED-Moduls ohne Sekundäroptik. Es ist deutlich zu erkennen, dass der geschwärzte Bereich erheblich wärmer erscheint (vgl. Abb. 1). Dies lässt sich mit einer Erhöhung des Emissionsgrads durch das Schwärzen erklären. Die Platine weist eine homogene Temperatur von 85 °C auf. Die Oberfläche der LEDs erreicht jeweils eine Temperatur von durchschnittlich 125 °C.

UNTERSUCHUNG DER OPTIKEN

Um das Temperaturprofil innerhalb der Optik zu untersuchen, werden Querschnitte angefertigt und deren Oberflächen auf optische Qualität poliert. Abb. 3 und 4 zeigen die Temperaturverteilung einer der unter-

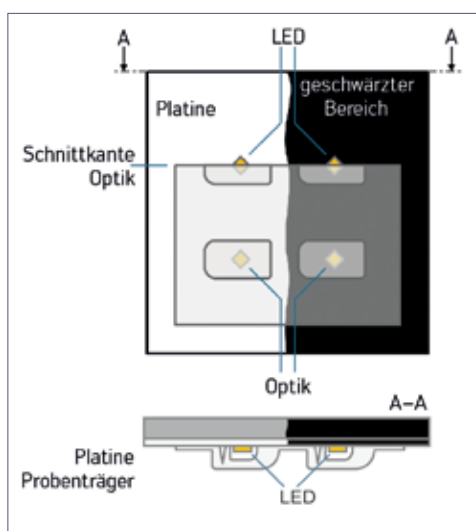


Abb. 1: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus. Optik und LED-Modul werden auf einem Träger befestigt, der extern geheizt werden kann. (Quelle: Fraunhofer AWZ Soest)

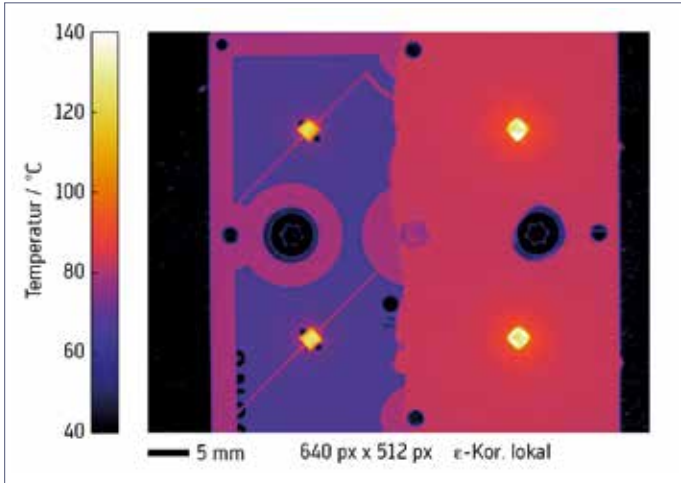


Abb. 2: Thermografieaufnahme des LED-Moduls bei Betrieb ohne Sekundäroptik. (Quelle: Fraunhofer AWZ Soest)

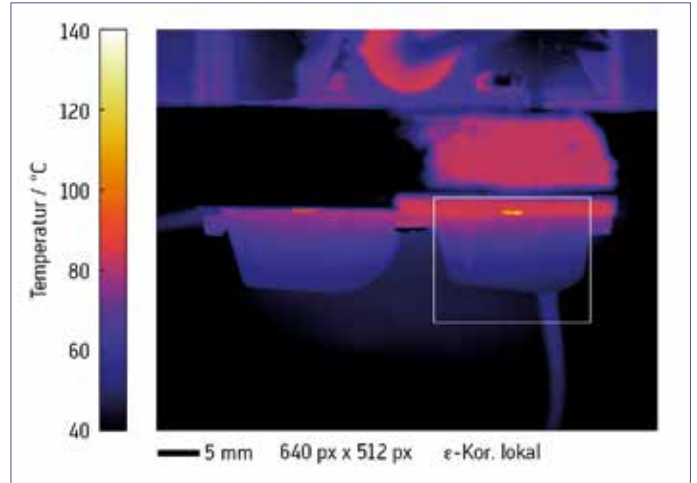


Abb. 3: Thermografieaufnahme des Querschnitts einer Optik. Der umrahmte Bereich wird in Abb. 4 vergrößert dargestellt. (Quelle: Fraunhofer AWZ Soest)

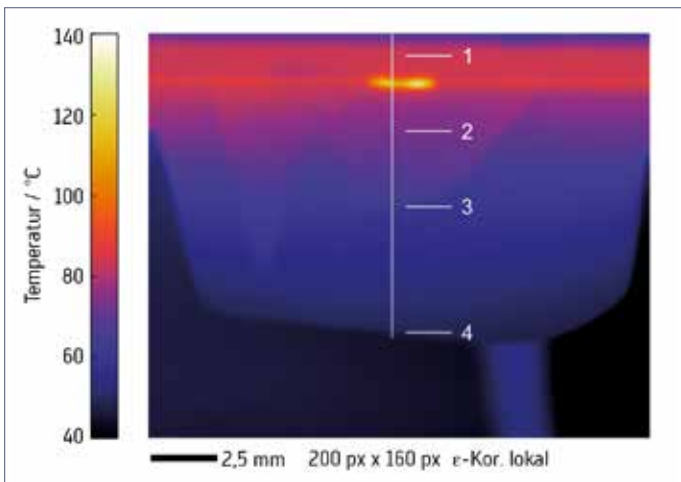


Abb. 4: Vergrößerte Darstellung der Markierung in Abb. 3. Die Temperaturverläufe entlang der Markierungslinie zeigt Abb. 5. (Quelle: Fraunhofer AWZ Soest)

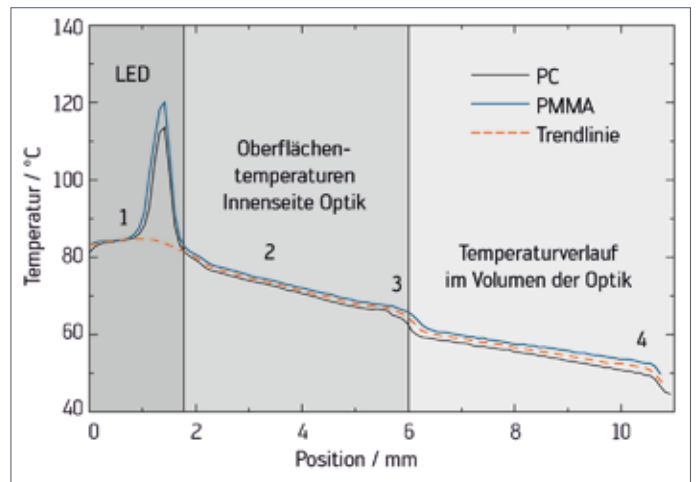


Abb. 5: Temperaturprofile der untersuchten Optiken entlang der in Abb. 4 markierten Schnittlinien. (Quelle: Fraunhofer AWZ Soest)

suchten Optiken im Querschnitt. Das Temperaturprofil entlang der Markierungen in Abb. 4 ist in Abb. 5 für die beiden untersuchten Materialien dargestellt. Ausgehend von der Leiterplatte fällt die Temperatur von 85 °C auf der Innenseite auf etwa 50 °C auf der Außenseite der Optik ab. Ein Vergleich dieses Wertes mit dem bei einer vollständigen Optik lässt keinen Unterschied erkennen. Das Anfertigen des Querschnitts hat hier nur einen geringen Einfluss auf die Temperaturverteilung der Optiken.

Zur Bestimmung der Temperatur an der den LEDs zugewandten Seite wird die Optik in Einbaulage nach unten betrieben. Nach Erreichen der Gleichgewichtstemperatur wird das LED-Modul von der Optik entfernt. Während des gesamten Vorgangs werden Thermografieaufnahmen angefertigt. Aus dem Temperaturverlauf der Optik nach Entfernen des LED-Moduls wird die Temperatur zum Zeitpunkt, an dem der Abhebevorgang beginnt, abgeschätzt. Es ergibt sich ein vernachlässigbarer Temperaturabfall von etwa 0,2 °C. Abb. 6 zeigt die Temperatur ▶

Anzeige

EPIC. DAS LED PROFIL.
VIELFALT MIT SYSTEM.
www.epic-ledprofil.eu

der Optik nach 500 ms. Die Temperatur auf der Innenseite der Optik beträgt etwa 63 °C.

FAZIT

Die Messungen zeigen, dass bei der untersuchten Geometrie die Temperaturen im für die Lichtlenkung der Optik benutzten Teil unbedenklich sind. Es ist jedoch zu erwarten, dass dies bei verringerten Abständen zwischen LED und Optik nicht mehr der Fall ist und es zu unerwünschten Effekten kommt. ■

Weitere Informationen:

*Autoren: Dr. Peter W. Nolte, Teamleitung »Zuverlässigkeit von Leuchtstoffen«, Fraunhofer AWZ Soest | Prof. Dr. Stefan Schweizer, Leiter Fraunhofer AWZ Soest; Das Fraunhofer AWZ – Anwendungszentrum für Anorganische Leuchtstoffe Soest ist eine Außenstelle des Fraunhofer-Instituts für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS, www.awz-soest.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. Frank Drees, Manager Product Development Mechanic TRILUX Group - ITZ Innovations- und Technologiezentrum GmbH | Dipl.-Ing. Horst Rudolph, Leiter Forschung & Lichttechnik TRILUX Group - ITZ Innovations- und Technologiezentrum GmbH, Arnsberg, www.trilux.com*

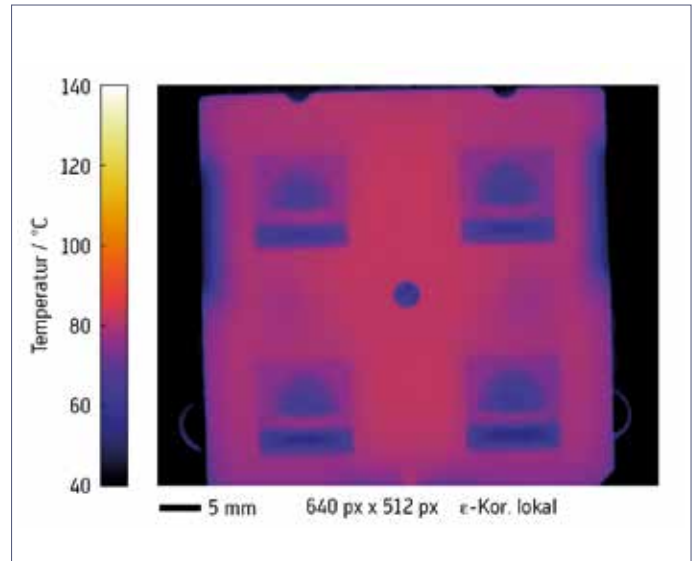


Abb. 6: Thermografieaufnahmen der Innenseite der Optik nach Betrieb mit Einbaulage nach unten. Die kühleren Bereiche an der linken und rechten Seite der Optik sind auf die Befestigung der Optik zurückzuführen. (Quelle: Fraunhofer AWZ Soest)

DEUTSCHLANDS NÄCHTE WERDEN HELLER – ABER NICHT ÜBERALL

In vielen Bundesländern werden die Nächte immer heller – allerdings nicht überall im gleichen Ausmaß und mit einer Ausnahme: In Thüringen sind die Nächte zwischen 2012 und 2017 dunkler geworden. Das ist das Ergebnis einer Studie des GFZ-Wissenschaftlers Christopher Kyba und seiner Kolleginnen Theres Küster (GFZ) und Helga Kuechly (Luftbild – Umwelt – Planung, Potsdam).

Das Team ermittelte für die einzelnen Bundesländer die Änderung der nächtlichen Beleuchtung sowohl, was die Intensität (Strahldichte) als auch was die beleuchtete Fläche betrifft. Insbesondere bei der Zunahme der beleuchteten Flächen zeigt sich ein klarer Ost-West-Unterschied. In allen neuen Bundesländern einschließlich Berlins sind die künstlich erhellen Flächen annähernd gleich geblieben (Wachstum weniger als 1 % pro Jahr) und in Thüringen sogar geschrumpft. Bei der Strahldichte hingegen wird das Mosaik komplizierter: Da gibt es große Flächen in Ost und West, die sich nur minimal verändert haben, während einige Bundesländer um 3 bis 4 % pro Jahr heller wurden. Das betrifft vor allem Bayern und Baden-Württemberg – und wieder ist es Thüringen, das dunkler wurde.

Die Zunahme der nächtlichen Beleuchtung in weiten Teilen Deutschlands erklärt das Team um Christopher Kyba vor allem mit einem Wechsel hin zu LED-Leuchten. Für die Abnahme der Helligkeit in Thüringen gibt es bis

jetzt keine Erklärung. Bei der ursprünglich in 2017 veröffentlichten Studie, die nur die Daten von 2012 bis 2016 enthielt, waren neben Thüringen auch noch Sachsen und Sachsen-Anhalt dunkler geworden. Dieser Effekt wurde bei einer Aktualisierung mit neuesten Werten aus dem gesamten Jahr 2017 verringert, so dass nur Thüringen als dunkler Fleck blieb.

Über den Grund für die Abnahme kann derzeit nur spekuliert werden. Es könnte sein, dass Kommunen auf LED umgerüstet hätten und der Beobachtungssatellit dies als dunkler wahrnimmt. Denn das Messgerät an Bord, das Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS), nimmt LED-Licht weniger gut wahr. Es detektiert Strahlen der Wellenlängen zwischen 500 und 900 nm. Das entspricht den für das menschliche Auge sichtbaren Farben Grün bis Rot und geht weiter in den infraroten Bereich. Kyba: »Vielleicht sieht Thüringen also nur dunkler aus, weil der VIIRS-Sensor LED-Licht mit seinem hohen Blauanteil nicht so gut detektiert. Wir brauchen einfach noch mehr Daten, die wir in den kommenden Jahren sammeln werden.« ■

Weitere Informationen:

*Quelle: Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum
Originalstudie: Kyba, C.C.M., Kuester, T., Kuechly, H.U., 2017. Changes in outdoor lighting in Germany from 2012–2016. International Journal of Sustainable Lighting IJSL, 112-123. DOI: <https://doi.org/10.26607/ijsl.v19i2.79>*