

ELEKTRONIK PRAXIS

www.elektronikpraxis.de

Wissen.
Impulse.
Kontakte.

Oktober 2015

Von der Lichtplanung bis zur kompletten Lichttechnik

Vernetztes Licht, Treiberbausteine und Wärmemanagement sind einige der Themen auf unserem Praxisforum am 22. Oktober in Würzburg.

Deckenlicht auf LED umrüsten

Welche Designschritte notwendig sind, um eine LED zur Deckenbeleuchtung zu verwenden

Seite 12

LED-Treiber regelt aktiv die Farben

Die Farben in einem DLP-Projektor werden von Sensoren gemischt und vom Treiber überwacht.

Seite 22

Die LED vor Über- spannung schützen

Mit geeigneter Hardware lassen sich LED-Straßenleuchten vor Überspannung schützen.

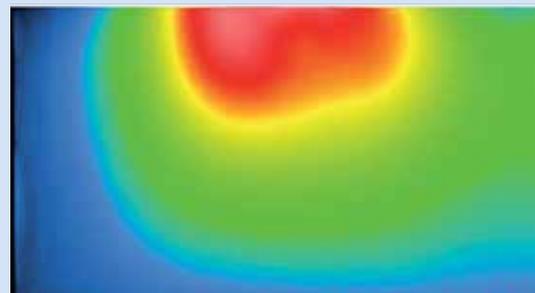
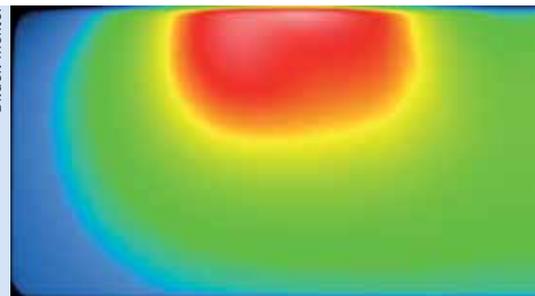
Seite 30



Freiformoptik: In der Kennzeichenleuchte von Mentor verteilt das Licht normgerecht.



Bilder: Mentor



Mit Lichtleitern das volle Potenzial der LED ausschöpfen

Mit einem entsprechend konstruierten Lichtleiter für die LED lassen sich ganz individuelle Beleuchtungen erschaffen. Wir schauen uns die Grundlagen an und zeigen verschiedene Beispiele.

SEBASTIAN WETTE *

Kunststofflichtleiter spielen eine immer wichtigere Rolle in den unterschiedlichsten Anwendungen. Und mit Blick auf den Designaspekt steigen auch die Anforderungen an den Lichtleiter aus Kunststoff. Unterstützt von Ray-Tracing-Software lassen sich unterschiedliche Kundenwünsche realisieren. Es gibt kaum noch ein Gebrauchsgut, welches nicht mit LED-Technik versehen ist. Das beginnt bei einem einfachen Lichtleiter für eine Indikationsanzeige im Frontplatteneinbaubereich und endet bei komplexen Ambientbeleuchtung-Szenarien im Auto. Mit steigender Marktdurchdringung

der LED für Beleuchtungsanwendungen stellen sich auch an das gewünschte Lichtbild und der damit verbundenen Konstruktion des lichtleitenden Kunststoffbauteils neue Herausforderungen.

Die Anforderungen an einem Lichtleiter

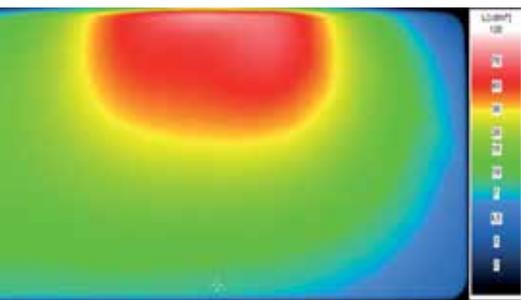
Gleichzeitig erhöhten sich auch die Anforderungen in Bezug auf Präzision und Formtreue im Werkzeugbau und dem Spritzgussprozess. In der Praxis stehen dabei oft die gegebenen Bauraumbedingungen im Gegensatz zu den Bedingungen für eine optimale Beleuchtung, wodurch der Anspruch an das Design und die Spritzteileigenschaften für das bestmögliche Ergebnis extrem ansteigen. In unserem Text erläutern wir die aktuellen Anforderungen an einen Lichtleiter und die damit verbundenen Konsequenzen hinsicht-

lich Konstruktion und optischem Design sowie den damit erforderlichen Werkzeugbau.

Verantwortlich für die Lichtleitung innerhalb von transparenten Kunststoffen ist das snelliussche Brechungsgesetz. Es besagt, dass ein Lichtstrahl beim Übergang von einem Medium in ein anderes gebrochen wird und somit seine Richtung ändert. Der Sachverhalt wird durch die folgende Formel ausgedrückt $n_1 \times \sin\alpha_1 = n_2 \times \sin\alpha_2$, wobei n die Brechzahl des Mediums angibt und α den Brechungswinkel relativ zur Flächensenkrechten. Das Brechungsgesetz ist nicht nur dafür verantwortlich, dass eine Richtungsablenkung von Lichtstrahlen von einem Medium ins nächste auftritt, sondern auch dafür, dass Licht unterhalb eines bestimmten Eintrittswinkel vom Kunststoff zur Luft hin reflektiert wird und nicht in die Luft überge-



* Sebastian Wette
... ist Experte für Lichttechnik und optische Techniken bei MENTOR Präzisions-Bauteile und entwickelt lichttechnische Produkte.



Lichtverteilung: Das obere Bild zeigt die vorab simulierten Ergebnisse. Das untere Bild zeigt die reale Verteilung der Leuchtdichte auf einem Nummernschild gemessen mit der Leuchtdichtekamera. Die Werte sind in Falschfarbendarstellung gezeigt.



hen kann. Ob ein Lichtstrahl transmittiert oder reflektiert wird hängt zum einen vom Einfallswinkel zum anderen vom verwendeten Kunststoff und dessen Brechungsindex n_k ab. Der Grenzwinkel α , unter dem alle einfallenden Strahlen reflektiert werden, lässt sich nach folgender Formel berechnen:

$$\alpha \leq \arcsin \frac{n_{Luft}}{n_k}$$

wobei α den Winkel zwischen Flächen-senkrechter und einfallendem Strahl definiert. Der Brechungsindex n ist eine materialabhängige Größe, die je nach Wellenlänge des Lichtes variieren kann. Die Variation der Brechzahl wird auch Dispersion genannt. Neben der Dispersion tritt auch der Effekt der Absorption innerhalb des Lichtleiters auf. Zwar mag auf den ersten Blick ein transparenter Kunststoff durchsichtig, also nicht absorbierend wirken, bei genauerer Betrachtung gibt es eine partielle wellenlängenabhängige Absorption, die je nach Wegstrecke im Kunststoff variiert. Werden die physikalischen Effekte berücksichtigt, können computergestützte vereinfachte virtuelle Modelle aufgebaut werden, die ein fast gänzlich Bild der Realität abbilden. Damit ist es möglich, Vorhersagen über das resultierende Lichtbild zu machen, welches sich aus LED und Lichtleiter zusammensetzt.

Um das Verhalten von Lichtstrahlen vorauszusagen, werden zunächst verschiedenste Parameter der Lichtquelle definiert. Darunter fallen unter anderem das emittierte Spektrum, der Lichtstrom und die winkelab-

hängige Intensität. Zur vollständigen Beschreibung von Lichtquellen fehlen noch einige Parameter, die wir im Moment vernachlässigen wollen. Im nächsten Schritt wird der verfügbare Bauraum analysiert. Hierbei steht das Beleuchtungsziel im Fokus und wie es sich mit einem Lichtleiter umsetzen lässt. Zunächst muss der optimale Transport des Lichtes von Ort A der LED zu Ort B der gewünschten Leuchtfläche gewährleistet werden. Dazu sind geeignete Geometrien für den Lichtleiter zu wählen, damit die Lichtstrahlen eine Vorzugsrichtung aufweisen und somit durch den Kunststoff optimal transportiert werden.

Die Lichtleiter simulieren und optimieren

Nachdem die Form festgelegt wurde, wird der Lichtleiter mit entsprechenden Strukturen innerhalb des Lichtleiters optimiert. Hierbei können die gewollten Störstellen in den Lichtleiter eintauchen oder hervorstecken, je nach Ziel der Ausleuchtung und der Realisierbarkeit im Werkzeug. Für die Optimierung müssen die geometrischen Rahmenparameter, die Zielleuchtfläche und je nach Situationsvariablen definiert werden. Als Grundlage für die Optimierung einer Beleuchtungsstärkeverteilung werden die Strahlen der Lichtquelle mit dem Monte-Carlo-Ray-Tracing-Verfahren simuliert. Hierbei werden zufällig verteilte Lichtstrahlen mit einer gewissen Wellenlänge und Richtung erzeugt und die Ausbreitung im Kunststoff berechnet und nachverfolgt. Für eine



LED Netzteile



DIN Hutschienennetzteile



PFC Schaltnetzteile



Jetzt die aktuellen Kataloge anfordern



aussagekräftige Simulation müssen je nach Anwendung mehrere Millionen Strahlen simuliert und auf einem virtuellen Sensor nachverfolgt werden. Auf Grundlage der Beleuchtungsstärkeverteilung (physikalische Größe) auf dem Sensor werden dann die variablen Parameter der Störstellen angepasst, um die Verteilung durch einen Optimierungsalgorithmus zu verbessern. Ziel ist es, der gewünschten Beleuchtungsstärkeverteilung mit jedem Berechnungsschritt näher zu kommen.

Am Ende der Optimierungen und Simulationen soll ein Ergebnis erreicht werden, das den Anforderungen und der Realität entspricht. Das impliziert, dass das Ergebnis als Leuchtdichteverteilung aufgezeigt werden muss, da das menschliche Auge nur die genannte physikalische Größe wahrnehmen kann. Die Leuchtdichte ist anders als die Beleuchtungsstärke winkelabhängig. Da dieses realitätsnah, also dem menschlichen

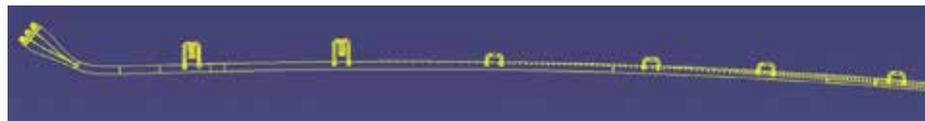
Sehen entsprechend nachgebildet werden muss, steigen die Anforderungen in diesem Schritt an das Ray-Tracing-Verfahren weiter. Daher muss als finale Nachbildung meist eine Simulation mit Milliarden virtuellen Strahlen durchgeführt werden, um der Realität möglichst nahe zu kommen. Untersuchungen zeigen, dass die virtuellen Modelle sehr nahe an die Realität heran kommen, wenn alle Parameter des Bauraumes berücksichtigt werden.

Virtuelle Modelle werden in die Realität überführt

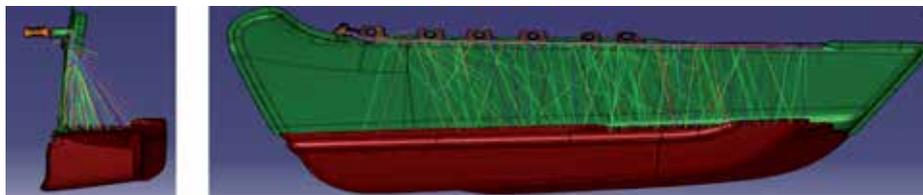
Maßgeblich für den Erfolg eines Spritzteils ist es, die virtuellen Modelle in den Werkzeugbau und den nachfolgenden Spritzprozess zu überführen. Grundsätzlich gilt dabei, dass eine steigende Qualität des Lichtbildes zu steigenden Kosten im Werkzeugbau führt. Daher muss gemeinsam mit dem Kunden ein Kompromiss zwischen Anforderungen des

Lichtbildes und den korrespondierenden Werkzeugkosten erreicht werden. Mit der Erfahrung aus vielen Projekten können spezialisierte Hersteller wie Mentor mit der virtuellen Simulationen Werkzeugalternativen aufzeigen. Für das Spritzgusswerkzeug muss ein geeignetes Verfahren gewählt werden, um den Lichtleiter anzuspitzen und mit einem transparenten Kunststoff zu füllen. Hier sollte unbedingt vermieden werden, dass ungewollte Störstellen in Form des Anspritzpunktes auftreten. Der Anspritzpunkt sollte möglichst nicht auf einer optischen Funktionsfläche platziert sein.

Wie ein virtuelles Modell in einen realen Aufbau überführt wird, zeigt das Beispiel der Kennzeichenleuchte (Seite 26 und 27) von Mentor. Die Parameter der Umgebung und des Systems wurden optimal erfasst. Das macht ein Vergleich zwischen realer Leuchtdichteverteilung gemessen mit einer Leuchtdichtekamera und dazugehöriger Simulation deutlich. Zusätzlich wurde beim Design der Leuchte die Regelung für die verschiedenen Automobilmärkte berücksichtigt, wodurch sich die Leuchte weltweit einsetzen lässt. Ein weiteres Beispiel aus der Automobilbranche ist die Ambientebeleuchtung. Dazu wurde ein Lichtleiter konstruiert, der die Türinnenverkleidung bestrahlt. In den Lichtleiter eingebrachte Mikroprismen erzielen die gewünschte Leuchtdichteverteilung. Ein weiteres Beispiel aus der Industrie ist das Ice Light von Busch-Jäger, das es in zwei Varianten gibt. Die erste Variante richtet das Licht von vier LEDs in Richtung Boden mit einem aluminiumbedampften Reflektor, der das ankommende Licht auf ein diffuses Austrittsfenster fokussiert und somit eine definierte Abstrahlcharakteristik erzeugt. Die zweite Version lenkt das Licht über eine refraktive Optik in alle vier Richtungen um 90° herum (Bilder im Online-Beitrag).



3-D-Modell: Ein Lichtleiter im Auto mit integrierten Mikroprismen für die Stofffeldbeleuchtung in einer Tür.



Lichtsimulation: Eine schematische Darstellung der virtuellen Lichtstrahlen für die Stofffeldbeleuchtung.



In der Praxis: Die reale Beleuchtungssituation mit dem gezeigten Lichtleiter. (Bild: Audi)

Nur die LED in der Beleuchtung reicht nicht mehr aus

Mit hochqualitativem Licht lassen sich bei individuellen Produkten entscheidende Akzente setzen. Und dieser Trend wird sich bei bestimmten Produktgruppen weiter fortsetzen. Die Beispiele der Interieursbeleuchtung zeigen, wohin die Entwicklung geht. Allein die LED reicht nicht aus, um aktuellen Designansprüchen gerecht zu werden. Die Kombination von LED und professionell entwickeltem Lichtleiter ermöglicht es aber, ein individuelles Produkt zu erschaffen. // HEH

Mentor Präzisions-Bauteile

+49(0)211 200020