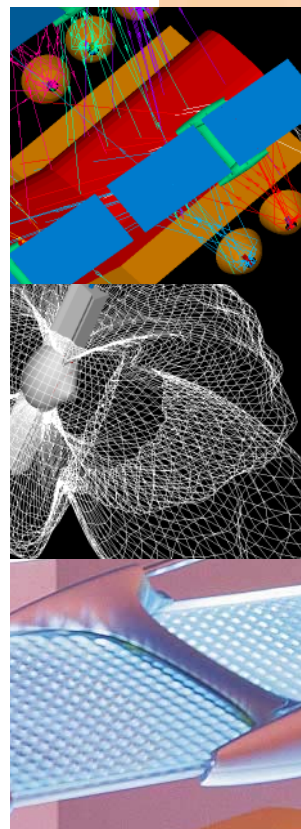


F & M

FEINWEKTECHNIK
MIKROTECHNIK
MIKROELEKTRONIK

Organ deutscher VDE/VDI-GMM
Gesellschaft Mikroelektronik.
Mikro- und Feinwerktechnik

Autoren-Fortdruck





Optikoptimierung an virtuellen Prototypen

Jürgen P. Weißhaar, Volker Schumacher, Weingarten

Die Simulation optischer Systeme hat in den letzten Jahren bedeutende Fortschritte erzielt: Auch Falschlichteffekte und spektrale Eigenschaften lassen sich heute am Rechner erkennen, wenn die exakten Daten der Lichtquellen und Materialien bekannt sind. Das ermöglicht die Erprobung origineller Ideen ohne Prototypen.

Die Leistungsfähigkeit der Simulation optischer Systeme steigt zum einen mit immer leistungsfähigeren Simulationsprogrammen, zum anderen durch die stetige Steigerung der Prozessortaktfrequenzen. Dies führt selbst bei sehr komplexen optischen Systemen zu akzeptablen Rechenzeiten, bei dennoch präzisen und aussagekräftigen Vorhersagen über das Verhalten der Systeme.

Nichtsequenzielles Raytracing

Standen zu Beginn der Optiksimation nur sequenzielle Raytracer zur Verfügung, welche dem Optikentwickler durch ›Tracen‹ (Verfolgen) von nur einigen Strahlen, meist in abbildenden Systemen ›von links nach rechts‹, abstrakte Kenngrößen des optischen Systems gaben, gibt es seit einigen Jahren sehr leistungsstarke nichtsequenzielle Raytracer. Bei der sequenziellen Simulation muss das prinzipielle Verhalten des Systems bekannt sein und der Software vorgegeben werden. Die Simulation und somit die genaue Analyse von ungewünschten Effekten wie Falsch- oder Streulicht ist nur schwer möglich.

Der nichtsequenzielle Raytracer verfolgt die Lichtstrahlen gemäß dem

Strahlverlauf in der Realität. Splittstrahlen auf Grund von Grenzflächenreflexionen oder Streulichtanteilen werden automatisch berücksichtigt und tragen zum Gesamtsimulationsergebnis bei. Es ist dann möglich, das optische Verhalten des Systems sehr detailliert zu analysieren und nicht gewünschte Falschlichteffekte entweder zu eliminieren oder durch geeignete Änderungen der Systemgeometrie wieder dem Nutzlicht zuzuführen. Dies führt zu effizienteren optischen Systemen, die weniger Lichtquellen oder nur Lichtquellen mit geringerer Leistung benötigen.

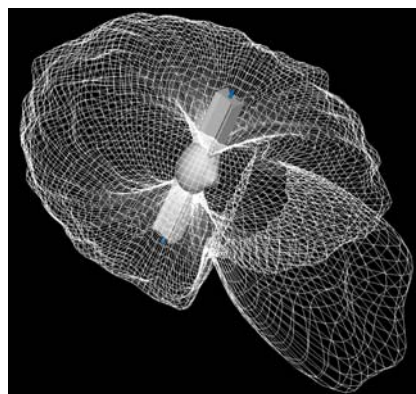


Bild 1. Simulationsmodell einer Gasentladungslichtquelle, überlagert mit der Abstrahlcharakteristik

Als Ergebnis erhält man quantifizierbare, fotorealistische Darstellungen von Beleuchtungsstärke- oder Leuchtdichtverteilungen. Das Farbverhalten eines Systems ist durch Simulation mit polychromatischen Lichtquellen einfacher möglich.

Varianten am Rechner durchspielen

Besonders interessant hierbei ist die Möglichkeit, durch Variantensimulationen mit einer Schar von Systemparametern die optimalen Parameter und die optimale Geometrie von der Simulationssoftware bestimmen zu lassen. Ein Verfahren, das dem klassischen Vorgehen mit Versuch und Irrtum oder dem Anfertigen einer ganzen Anzahl von Prototypen weit überlegen ist. Variierbare Parameter können hierbei nicht nur Geometriegrößen, sondern auch Transmissionsgrade, Streulichtparameter, Brechwerte oder spektrale Verteilungen sein. Auch unkonventionelle, innovative Lösungsansätze lassen sich dank der effizienten Computersimulation schnell auf ihre Tauglichkeit prüfen.

Reale Prototypen mit asphärischen optischen Funktionsflächen oder Freiformflächen erfordern dagegen einen ho-

hen zeitlichen und finanziellen Aufwand. Dies zeigt einmal mehr die Vorteile und Einsparpotenziale der optischen Simulation.

Am Anfang steht die Messung

Das erfolgreiche Arbeiten mit virtuellen Prototypen setzt die genaue Kenntnis des realen optischen Verhaltens von Lichtquellen und Werkstoffen voraus. Die Simulation von idealen Hochglanzreflektoren, gepaart mit isotropen Punktquellen, führt zu Simulationsergebnissen, welche mit der Realität nur sehr wenig zu tun haben.

Aus diesem Grund stellen die Hersteller von Optiks simulationssoftware mehr und mehr realitätsnahe Rechnermodelle von gebräuchlichen Lichtquellen zur Verfügung. Sind Daten von noch nicht erhältlichen Lichtquellen oder präzisere Daten der katalogisierten Lichtquellen notwendig, so werden diese im Messlabor ermittelt. Hierbei sind zum einen der Leuchtdichtegradient innerhalb des Strahlers – wie etwa LED, Wendel oder Entladungsbogen – zu messen, zum anderen wird goniofotometrisch das Fernfeld des Emitters bestimmt. Die Integration über das Fernfeld liefert den Gesamtlichtstrom der Lichtquelle (Bild 1).

Neben den Lichtquellen sind die optischen Eigenschaften der verwendeten Werkstoffe von entscheidender Bedeutung. Insbesondere in der Beleuchtungsindustrie weisen quasi alle Materialien Streueigenschaften auf. Raue Kunststoffspritzteile zeigen im Allgemeinen eine isotrope Streuindikatrix, Aluminiumble-

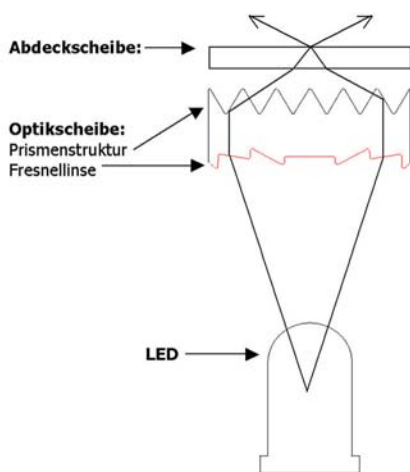


Bild 2. Bei der Warnleuchtenoptik lenken sägezahnartige Prismen das Licht in die gewünschte Richtung

che weisen auf Grund der Walzrichtung oft anisotrope Streueigenschaften auf. Lichtquellen wie Materialien werden im Messlabor von Opsira in Weingarten vermessen und deren Daten direkt in den Simulationsprogrammen hinterlegt. Präzise Vorhersagen der optischen Leistungsfähigkeit eines Systems sind ohne Berücksichtigung der Streueigenschaften nicht möglich.

Beispiel: Warnleuchte für Webmaschinen

Neben der gewünschten Verbesserung der technischen Eigenschaften sind es oft auch Designgründe, die zu neuen, innovativen Entwicklungen in der Optik

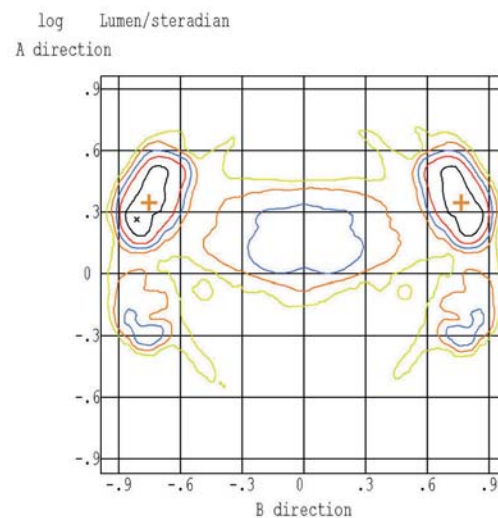


Bild 3. Simulierte Lichtstärkeverteilung der Warnleuchte im Richtungs-Kosinus-Koordinatensystem; die jeweiligen Bedienerpositionen sind durch Kreuze dargestellt

führen. So wurde bei der Neuentwicklung einer Webmaschine die Integration der Benutzerwarnleuchte in das Bedienmodul gewünscht. Während bei früheren Modellen der Webmaschine die Warnleuchte direkt in Sichthöhe vor dem Bediener angebracht war, muss nun die maximale Lichtintensität die Lichtaustrittsfläche unter einem sehr steilen Winkel zur Warnleuchte verlassen. Dies ist erforderlich, da das Bedienmodul seitlich an der etwa vier Meter breiten Maschine angebaut ist, der Maschinenbediener jedoch direkt vor der Maschine steht und auch dort gewarnt werden soll.

Darüber hinaus sollte die Glühlampe durch eine LED ersetzt werden. Dies ist eine in letzter Zeit oft gestellte Forderung, da durch die Verwendung von LEDs weniger Einbauplatz benötigt wird, LEDs thermisch weniger Probleme bereiten und die Lebensdauer der LEDs weit höher als die der Glühlampen ist.

Möglich wurde der Ersatz von Glühlampen durch LEDs aber erst durch die deutliche Steigerung des LED-Lichtstroms in den letzten Jahren.

Zur Realisierung dieser Maschinenwarnleuchte wurde eine komplexe Kunststoffoptik entwickelt, welche im Spritzgussverfahren herstellbar ist. Das Licht der LEDs wird durch eine auf der Unterseite der Optikscheibe angebrachte Fresnelstruktur kollimiert. Durch sägezahnartige Prismen an der Oberseite der Optikscheibe wird das Licht durch Totalreflexion unter sehr flachen Winkeln in Richtung des Maschinenbedieners abgelenkt (Bild 2).

Das Spritzgusswerkzeug muss bei Optiken, welche in Totalreflexion arbeiten

sollen, sehr gute Oberflächeneigenschaften aufweisen. Im vorliegenden Beispiel lassen sich die Totalreflexionsflächen im Werkzeug durch Schleifen herstellen, wodurch das sehr teure Polieren dieser Flächen entfallen kann (Bild 3).

Die Daten zur Konstruktion und Produktion der Spritzgusswerkzeuge sind aus der Optiks simulationssoftware »Asap« direkt im CAD-Format exportierbar, was eine reibungslose Zusammenarbeit zwischen Konstrukteuren und Optikentwicklern ermöglicht. Im Endprodukt liefert die Warnleuchte die gewünschten Intensitäten unter den geforderten flachen Winkeln und lenkt somit das Licht mit einem glasklaren Kunststoffspritzteil quasi um die Ecke.

Beispiel: neuartiges Bräunungsgerät

Auch das folgende Beispiel wird, neben der Forderung nach einer komplett neu-

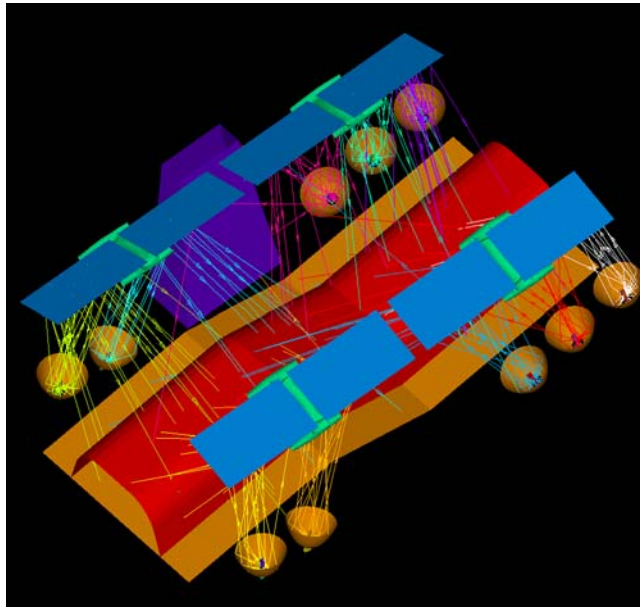


Bild 4. Die indirekte Beleuchtung beim neuen Solarium darf nur geringe Verluste verursachen

en optischen Lösung, sehr stark vom Design des Gesamtgerätes geprägt. Es sollte ein Bräunungsgerät (Solarium) unter der Bezeichnung ›Open Sun‹ entwickelt werden, welches sich dadurch grundlegend von den bestehenden Geräten unterscheidet, dass sich der Benutzer nicht mehr in einer geschlossenen Röhre, sondern relativ frei – ohne ›erdrückendes‹ Oberteil – bräunen kann (Bild 4).

Bei indirekter Bestrahlung ist besonders darauf zu achten, die Verluste möglichst gering zu halten. Realisiert wurde das neue Gerät durch jeweils fünf rechts und links neben der Liege angebrachte Ellipsoidreflektoren, die auf frei hängende Glasgegenreflektoren fokussieren (Bild 5).

Die Ellipsoidreflektoren und die Gegenreflektoren werden als Glaspressteile hergestellt. Mit der Simulationssoftware lässt sich nun die Freiformwabengeometrie auf den Gegenreflektoren so optimieren, dass sich eine gleichmäßige Bestrahlungsverteilung auf der zu bräunenden Person ergibt.

Eine für den Bräunungseinsatz optimierte Dünnschichtbeschichtung auf

den Glasreflektoren ermöglicht die Reflexion der für die Bräunung notwendigen Spektralanteile. Der Großteil des sichtbaren wie des infraroten Lichtes transmittiert durch die Dünnschichten auf den Glasreflektoren und trägt somit nicht weiter zur Erwärmung des Gerätebenutzers bei.

An diesem Produktbeispiel werden sowohl die geometrisch-optischen als auch die spektral-optischen Möglichkeiten der Rechnersimulation deutlich.

Die Simulation optischer Systeme ermöglicht in einem sehr frühen Stadium der Entwicklung wertvolle Aussagen über die zu verwendenden Geometrien, Materialien, Beschichtungen oder Oberflächenqualitäten. Dies jedoch weitestgehend ohne die Anfertigung von Prototypen, Funktionsmustern oder Hilfswerkzeugen.

Die Time-to-Market-Periode wird erheblich verkürzt, zudem ermöglicht es die Simulationstechnik, während der Entwicklungsphase auch dem Anschein nach abwegige, jedoch sehr innovative optische Konzepte zu prüfen und eventuell zu einem am Markt einzigartigen Produkt weiterzuentwickeln.

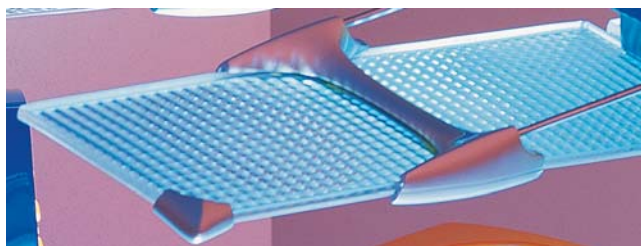


Bild 5. Detailbild eines filmbeschichteten Gegenreflektors (Quelle: Ergoline)

Ausblick

Die Fortschritte bei den Lichtquellen, insbesondere bei den LEDs, lassen eine Vielzahl neuer optischer Konzepte erahnen. Lösungen aus der Mikrooptik drängen mehr und mehr in den Bereich der Beleuchtungstechnik. In gleichem Maße stehen immer schnellere Rechner für immer exaktere Optiks Simulationen in immer kürzerer Zeit zur Verfügung.

Erste Beispiele zeigen selbst bei abbildenden Systemen, dass in Zukunft nicht nur mit abstrakten Größen wie der MTF (Modulation-Transfer-Function) ein System charakterisiert wird, sondern dass durch das Raytracen von kompletten Szenen das optische Verhalten eines abbildenden Systems inklusive aller Falschlicht- und Streueffekte möglich ist. Dies ist mit den klassischen Auslegungsprogrammen der abbildenden Optik nicht mehr möglich.

Opsira entwickelt innovative optische Lösungen für einen sehr weiten Anwendungsbereich. Nicht selten können optische Konzepte eines total andersartigen Produktes bei einer Neuentwicklung wieder herangezogen werden. Dies, in Kombination mit der Projektbetreuung optischer Entwicklungen von der Idee bis hin zum Prototypen oder zum Serienteil, bietet die Voraussetzungen zur effizienten Entwicklung neuartiger, am Markt konkurrenzfähiger Produkte.

Autoren

Dipl.-Ing. Jürgen P. Weißhaar war von 1993 bis 1999 im Steinbeis-Transferzentrum Leuchten-technik in Weingarten tätig, dessen Leitung er 1998 übernahm. Seit 1999 ist er geschäftsführender Gesellschafter der Opsira GmbH controlling light in Weingarten, Württemberg.

Dipl.-Ing. Volker Schumacher war von 1996 bis 1999 im Steinbeis-Transferzentrum Leuchten-technik in Weingarten als Projektleiter tätig. Seit 1999 ist er ebenfalls geschäftsführender Gesellschafter bei Opsira.



opsira GmbH
Leibnitzstr. 20
88250 Weingarten