

Entwicklung eines hochgenauen Sonnensimulators für Medizin, Kosmetik, Werkstoffkunde und Solarzellen-Qualitätskontrolle

Projektleitung
Prof. Dr. Udo Gieseler

Wiss. Mitarbeit
Christoph Schemmann

Partner
MR-Chemie GmbH, Unna
MSS-Elektronik GmbH,
Fröndenberg
Opcoms GbR, Siegburg
Ingenieurbüro
Dr. Piazena, Berlin

Zeitraum
2008–2010

Förderung
Bundesministerium für
Wirtschaft und Techno-
logie (BMWi)
PRO INNO II

Kontakt
Prof. Dr. Udo Gieseler
Fachbereich
Informations- und
Elektrotechnik
Fachhochschule
Dortmund
Sonnenstraße 96
44139 Dortmund
Tel.: 0231 9112-282
E-Mail: udo.gieseler
@fh-dortmund.de

Die Kraft der Sonne spüren Menschen, wenn sie direkter Sonnenstrahlung ausgesetzt werden, aber auch technische Produkte werden von ihr beeinflusst. Diese Kraft kann sowohl positive als auch negative Effekte haben. Der Mensch benötigt den Einfluss der Sonne auf den Stoffwechsel, andererseits kann Sonnenstrahlung aber auch Hautkrankheiten auslösen. In der Technik ist die Nutzbarmachung des Sonnenlichts durch Solarzellen geschätzt, aber Sonnenstrahlung kann auch erheblich zur Alterung von Materialien (z.B. Kunststoffe, Oberflächenbeschichtungen) beitragen. Dabei spielen für diese Prozesse jeweils unterschiedliche Wellenlängenbereiche des Lichts eine Rolle. Während für das Wohlbefinden des Menschen der visuelle (VIS) und Infrarot (IR) Bereich besonders wichtig ist, spielt in der Technik neben dem visuellen vor allem der ultraviolette (UV) Bereich eine wichtige Rolle. Um diese Einflüsse zu untersuchen werden Lampen benötigt, welche das Sonnenspektrum präzise nachbilden und zeitlich konstant sowie homogen eine Testfläche ausleuchten können. Da das natürliche Sonnenlicht je nach Tages- und Jahreszeit variabel sowie ortsabhängig ist, haben sich als Standard verschiedene Normen etabliert, wie z.B. das Normspektrum ASTM G173 [1] oder DIN 67501 [2].

Ziel dieses Projektes war die Entwicklung eines hochgenauen Sonnensimulators, der die o.g. Anforderungen besser erfüllt als solche, die heute im Markt verfügbar sind. Um dies zu erreichen, mussten die verschiedenen Einflussfaktoren parallel behandelt werden. Diese betreffen ausgehend vom Leuchtmittel und der Optimierung der gesamten Lampengeometrie auch verschiedene Filter sowie Beschichtungen des Reflektors, bis hin zur Anpassung eines geeigneten Netzteils.

Für eine Lampe dieser Art ist eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten denkbar. Diese reichen von der Raumbelichtung über die Lichtbeständigkeits-

prüfung in der Werkstoffkunde und der Qualitätskontrolle von Solarzellen bis hin zur Behandlung von Hautkrankheiten in der Medizin.

Entwicklungsarbeiten

Nach Sichtung handelsüblicher Strahler verschiedener Hersteller wurde der XBO 150 Watt Strahler der Firma Osram ausgewählt. Strahler dieses Typs sind mit Leistungen bis 10 kW erhältlich. Diese Strahler besitzen ein erhöhtes und gleichmäßiges Kontinuum im UV-Bereich, so dass eine anschließende Herstellung eines

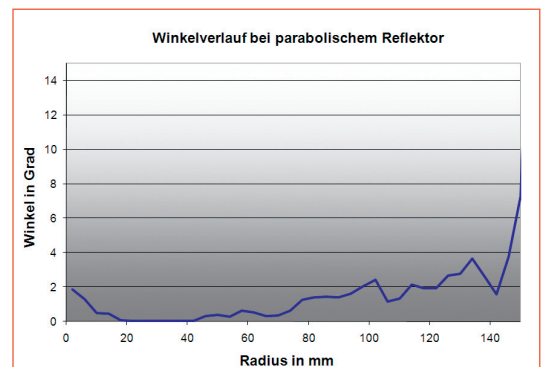


Abb. 3: Winkelverteilung der Strahlen im primären Filter bei 30 cm Abstand zum Reflektor

Filters zur Anpassung an das reale Sonnenspektrum möglich wird. Für die weitere Entwicklung der Lampengeometrie, welche hauptsächlich an der FH Dortmund durchgeführt wurde, ist ein Computermodell dieses Strahlers erstellt worden (siehe Abbildung 1). Die Strahlung dieser Lichtquelle muss nun im nächsten Schritt parallelisiert werden, damit die nachfolgend platzierten Filter, welche je nach Anwendung mehrere Zentimeter Dicke haben können, möglichst gleichförmig durchlaufen werden, so dass eine gleichmäßige optische Dicke erreicht wird. Abbildung 2 zeigt das Ergebnis einer Raytracing-Simulation mit einem sehr gut geeigneten Reflektor und entsprechender Platzierung des Strahlers.

Der Winkel zwischen einfallender Strahlung und dem Normalenvektor der Filterfläche ist in Abbildung 3 abhängig vom Radius x aufgetragen. Im Ergebnis sind bis zu einem Radius von $x = 9$ cm, d.h. für eine Fläche mit 18 cm Durchmesser, die Abweichungen des Lichtdurchgangs von der Flächennormalen ist kleiner als 2° . In Ergänzung zu Computersimulationen wurden auch goniophotometrische Vermessungen des Lampenaufbaus durchgeführt. In Abbildung 4 ist das Ergebnis einer solchen Vermessung dargestellt. Die Intensitätsverteilung zeigt einen charakteristischen Kegel,

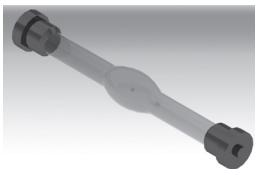


Abb. 1: CAD-Modell des ausgewählten Basis-Leuchtmittels (Osram XBO 150 W)

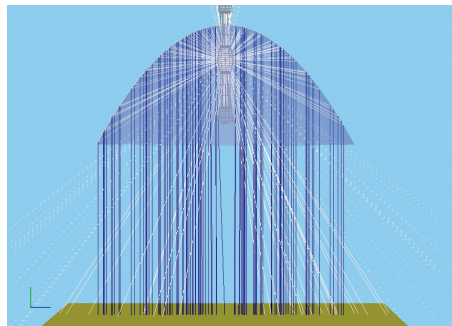


Abb. 2: Simulation des Strahlengangs im primären Reflektor

welcher zu einer sehr homogenen Verteilung des Lichts auf der Fläche führt.

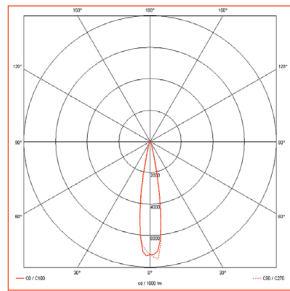


Abb. 4: Intensitätsverteilung der Kombination aus Leuchtmittel und Reflektor

Zur spektralen Vermessung des austretenden Lichts der Lampe im UV- und VIS-Bereich wurde ein Doppelmonochromator eingesetzt. Um auch das Spektrum im IR bewerten zu können, konnte ein hochgenaues FTIR (Fourier Transform Infrarot) Spektrometer genutzt werden, welches im Fachbereich 3 (Prof. Dr. Wiegleb) vorhanden ist. Das FTIR ist zunächst für die Absorptionsmessung ausgelegt. Das Emissionsspektrum des Sonnensimulators als externe Lichtquelle konnte mit Hilfe einer speziell entwickelten Zusatzoptik vermessen werden. Abbildung 5 zeigt links das FTIR. Das Stativ auf der rechten Seite hält den Prototypen des Sonnensimulators. Dazwischen ist ein Spiegel als Teil der verbindenden Optik zu sehen.

Der Prototyp

Während die Anpassung des Spektrums im UV mit einem einzigen Filter möglich ist, sind für die Modifikation des Spektrums im visuellen und IR weitere Filter notwendig. Da jedoch für viele technische und medizinische Anwendungen der UV-Bereich aufgrund der hohen Energiedichte die zentrale Rolle spielt, wurde ein modularer Gesamtaufbau des Sonnensimulators gewählt, welcher immer einen Filter enthält und durch weitere Filter ergänzt werden kann. Eine CAD-

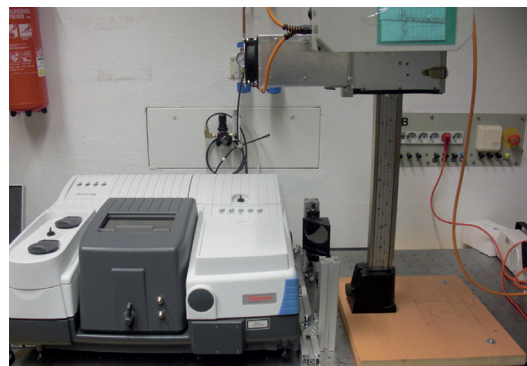


Abb. 5: FTIR-Spektrometer zur Messung des langwelligeren Spektrums

Abb. 6: CAD-Modell des Sonnensimulators

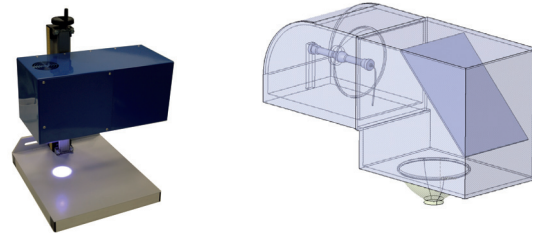


Abb. 7: Prototyp des Sonnensimulators

Zeichnung dieses Gehäuses ist in Abbildung 6 gezeigt. Im linken Teil befindet sich die Lichtquelle mit dem Hauptreflektor. Dieser Gehäuseteil wird durch einen Filter abgeschlossen. Im mittleren Gehäuseteil ist ein schräg liegender Umlenkspiegel zu sehen, welcher durch einen halbdurchlässigen Spiegel ersetzt werden kann, um rechts weitere Filter (für VIS und IR) und Spiegel ergänzen zu können. Nach unten wird das Gehäuse, je nach Anwendung, durch ein Austrittsfenster oder einen Kollimator (wie in Abb. 6) abgeschlossen. Ein Vorseitenmodell des Sonnensimulators, entsprechend des Aufbaus gemäß Abb. 6 ist in Abb. 7 dargestellt.

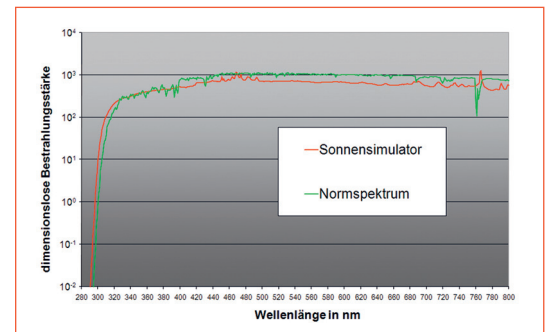


Abb. 8: Spektrum des Sonnensimulators im Vergleich zum ASTM-Normspektrum

Die Qualität der Anpassung des Spektrums, insbesondere im wichtigen UV-Bereich, zeigt Abbildung 8. Hier sind die Strahlung des Sonnensimulators und die Vorgaben nach ASTM G173 gegenüber der Wellenlänge von 280 nm bis 800 nm aufgetragen.

Literaturverzeichnis

- [1] ASTM International: ASTM G173 - Standard Tables for Reference Solar Spectral Irradiances: Direct Normal and Hemispherical on 37° Tilted Surface, www.astm.org (2008)
- [2] Deutsches Institut für Normung: DIN 67501 - Experimentelle Bewertung des Erythemschutzes von externen Sonnenschutzmitteln für die menschliche Haut, Beuth Verlag, Berlin (2008)

