

Der neue Hochleistungsstrahler des DLR - Grundlagen, Technik, Anwendung

Gerd Dibowski*, Andreas Neumann, Peter Rietbrock, Christian Willsch, Jan-Peter Säck, Karl-Heinz Funken

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) e. V.,
Institut für Technische Thermodynamik, Solarforschung,
Linder Höhe, 51147 Köln

Zusammenfassung

Das DLR-Institut für Technische Thermodynamik erweitert an dem Standort Köln-Porz seine Versuchseinrichtung Sonnenofen um eine weitere Strahlungsquelle, einen Kunstlicht-Hochleistungsstrahler auf Basis von elliptischen Reflektoren mit zehn Xenon-Kurzbogenlampen. Die von den Lampen emittierte Strahlung mit einer Leistung von etwa 25kW wird im Abstand von 3m in einen Zielbereich mit einer 100 cm² großen Fläche fokussiert. Dort steht sie für unterschiedlichste wissenschaftliche Anwendungen zur Verfügung.

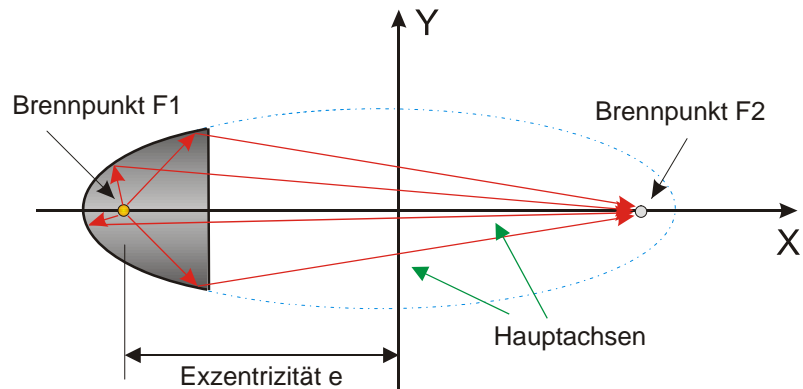
Wissenschaftler des DLR oder auch externe Partner aus Industrie und Forschung können hier unter kontrollierten Strahlungsbedingungen und vom Wetter unabhängig eine Vielzahl von Experimenten und Solar-Simulationen durchführen.

1 Einführung und Ziele

Seit mehr als 10 Jahren betreibt das DLR einen Sonnenofen, welcher in der Lage ist, Bestrahlungsstärken von 5.200 Sonnen ($1 \text{ Sonne} = 1000 \text{ W/m}^2$) zu erreichen. Der Sonnenofenbetrieb hängt naturgemäß vom Solarstrahlungsangebot am Standort Köln ab und es muss mit Unterbrechungen (Wolken, Nacht) gerechnet werden. Für die Entwicklung und Qualifizierung solartechnischer Komponenten und solar zu betreibender Verfahren hat sich die Anlage bewährt. Allerdings sind manche Versuchssituationen wie z. B. Dauerbestrahlungen über Tage oder Wochen in der Sonnenofenanlage nicht realisierbar. Außerdem wird der Sonnenofen derzeit mit einer sehr hohen Auslastung betrieben. Daher wird ihm mit dem neuen Strahlersystem eine Anlage aus zehn Kunstlichtquellen zur Seite gestellt, die parallel betrieben werden kann und auch neue Optionen bietet. Anders als im Sonnenofen ist es mit dem Kunstlichtstrahler möglich, mehrtägige Dauerversuche unter sehr stabilen Strahlungsbedingungen sowie Komponententests und Qualifizierungsaufgaben auf reproduzierbarem Zertifizierungsniveau durchzuführen.

Elliptische Reflektoren, ausgestattet mit Xenon-Kurzbogenlampen (Brennpunkt F1) fokussieren bei zehn Einheiten eine Gesamtstrahlungsleistung von etwa 25kW auf eine kleine Fläche (Brennpunkt F2/Abb.1).

Abb. 1:
Prinzip des elliptischen Konzentrators



Es wird erwartet, dass in dieser Anlage Temperaturen weit über 1500°C und hohe Strahlungsflussdichten bereit gestellt werden können.

Das Spektrum der Xenon-Kurzbogenlampe (Osram 6000 W/HSLA OFR) ist dem Sonnenspektrum sehr ähnlich. Dieser Lampentyp wird deshalb bevorzugt für Sonnen- und Solarsimulatoren verwendet. Die elektrische Leistungsaufnahme liegt in diesem Fall pro Kurzbogenlampe bei jeweils 6kW. Bei dieser Leistung können die Lampen noch luftgekühlt werden, was den konstruktiven Aufbau gegenüber wassergekühlten Systemen deutlich verringert.

* Korrespondenzautor: Tel.: +49 2203 601 3211; FAX: +49 2203 601 4141; e-mail: gerd.dibowski@dlr.de

Der Detailplanung des Strahlersystems ging eine interne Recherche über das benötigte Leistungsspektrum voraus. Die Auswertung ergab eine maximale gewünschte Strahlungsleistung von ca. 10kW im Zielbereich. Folglich muss bei einem erwarteten Gesamtwirkungsgrad von ca. 33% eine elektrische Leistung von über 30kW zur Verfügung gestellt werden. Das gewünschte Flussdichteprofil im Zielbereich (Fokus F2) liegt zwischen 0,5 und 3 MW/m². Die Flussdichteverteilung auf der Zielfläche stellt sich ohne weitere technische Einflussnahme glockenförmig (Gausskurve) ein. Viele Versuche benötigen allerdings eine eher gleichmäßige Verteilung der Leistung, ähnlich eines Rechtecks (hier auch als *Pillbox bezeichnet*). Die *Pillbox* ist eine Idealisierung, die durch Justierung mit optischen Reflektoren allein kaum realisierbar ist. Daher wird eine deutlich größere Leistung vorgehalten um ggf. mit Hilfe von Strahlformern das Flussdichteprofil weiter zu homogenisieren.

2 Resultate

Da die gegebenen Randbedingungen die Errichtung eines eigenen Gebäudes für die Installation des Strahlers nicht ermöglichten, wurde ein Raum im Sonnenofenlaborgebäude genutzt, dessen Abmessungen eine ideale Umsetzung der gesetzten Leistungsanforderungen des Systems nicht einfach ermöglichte.

Aus den optisch-mathematischen Zusammenhängen der Ellipse lässt sich ableiten, dass große Hauptachsen und kleine Abweichungen der Brennpunkte aus dem Koordinatenursprung (Exzentrizitäten) zu kugeligen Ellipsen („close-coupled“-Systems¹) führen und hohe Wirkungsgrade erzeugen. Dies setzt große Ellipsendurchmesser und damit genügend Deckenhöhe voraus, welche hier nicht wie gewünscht zur Verfügung stand. In sehr konstruktiver Zusammenarbeit mit allen beteiligten Komponentenherstellern konnte unter den gegebenen räumlichen Bedingungen ein hoher Qualitätsstandard erreicht und ein effizientes Strahlersystem aufgebaut werden.



Abb. 2: DLR-Hochleistungsstrahler (im Aufbau)

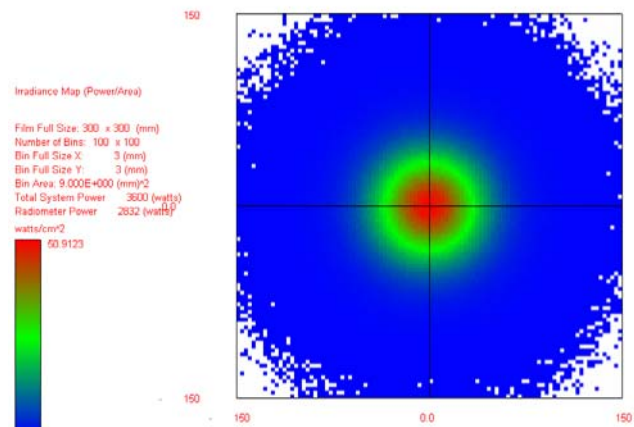


Abb. 3: Ray-Tracing mit OptiCAD® eines Reflektors

Zur Analyse der geometrischen Reflektoreigenschaften und zur Abschätzung der zu erwartenden Flussdichte wurden das Ray-Tracing-Verfahren OptiCAD® eingesetzt. Unter Berücksichtigung verschiedener Spiegelfehler wurde der Plasmakern als Strahlungsquelle F1 geometrisch modelliert und seine Abbildung auf einem numerisch erzeugten Target (F2) bewertet² (Abb. 3). Das Modell einer einzelnen Kurzbogenlampe ergab eine maximale Bestrahlungsstärke von 0,5 MW/m², was auch bei Einwirkung nicht berücksichtigbarer Fehler (Gestaltabweichung 1. und 2. Ordnung bzw. Formabweichung und Welligkeit) zu einer ausreichenden Versuchsleistung des Gesamtsystems führen wird.

3 Zusammenfassung und Ausblick

Ab Juni 2007 steht dem DLR-Institut für Technische Thermodynamik in Köln-Porz-Wahn eine weitere Versuchs-Strahlungsquelle in Gestalt eines Kunstlicht-Hochleistungsstrahlers zur Verfügung. Das System wurde für die existierenden räumlichen Randbedingungen bestmöglich optimiert. Begonnen wird nach der Einweihung am

^[1] Petrasch, J., Steinfeld, A.: A Novel High-Flux Solar Simulator Based on an array of xenon arc lamps - Optimization of the ellipsoidal reflektor and optical configuration

^[2] Neumann, A., DLR intern

21.6.2007 mit der messtechnischen Qualifizierung der Strahlung, bevor ab Anfang 2008 der reguläre Versuchsbetrieb aufgenommen werden kann.