

Prüfstände für Receiver von Parabolrinnen-Kraftwerken

Björn Schiricke*, Johannes Pernpeintner, Eckhard Lüpfer, Niels Lichtenthäler, Ansgar Macke

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

Zusammenfassung

Die wesentlichen technischen Eigenschaften von Receivern sind die thermischen Verluste bei Betriebstemperatur und der optische Wirkungsgrad für die Absorption der Solarstrahlung. Die Messung der thermischen Verluste ist seit längerem möglich, bei der Charakterisierung der optischen Eigenschaften wurden bisher üblicherweise nur physikalische Schichteigenschaften herangezogen. Es werden zwei neu entwickelte Prüfstände vorgestellt, die Parabolrinnen-Receiver als eine Einheit hinsichtlich ihrer thermischen und optischen Eigenschaften vermessen. Dazu wird sowohl natürliches als auch künstliches Licht verwendet.

1 Einführung und Ziele

Receiver sind eine Schlüsselkomponente von Parabolrinnenkraftwerken. Ihr Wirkungsgrad nimmt wesentlichen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des gesamten Kraftwerkes. Daher ist die Bestimmung ihrer optischen und thermischen Eigenschaften von großer Bedeutung für die Bewertung der Produktqualität von Receivern. Ein standardisiertes, möglichst wetterunabhängiges, Messverfahren zur quantitativen Bewertung von Receivern stellt somit eine wichtige Voraussetzung für die Weiterentwicklung von Receivern, für die Sicherung der Produktionsqualität sowie für die Auswahl geeigneter Receiver für solarthermische Anlagen dar.

Ein Labor-Messverfahren für die thermischen Verluste von Receivern ist bereits etabliert^{[1],[2]}. Diese Messungen berücksichtigen allerdings nicht die Transmissions- und Absorptionseigenschaften des Receivers für das einfallende Licht. Daher wurden am DLR zwei neue Prüfstände entwickelt, mit denen die Effizienz des Receivers sowohl bei Umgebungstemperaturen als auch bei typischen Betriebstemperaturen von 300-500°C ermittelt werden kann.

2 Prüfstände und Messmethoden

Thermischer Receiverprüfstand (ThermoRec)

Im thermischen Receiverprüfstand ThermoRec wird der Receiver von innen mit einer elektrischen Widerstandsheizung geheizt. Im stationären Zustand konstanter Temperatur des Receivers entspricht in der Leistungsbilanz die thermische Verlustleistung der elektrischen Heizleistung. Die thermischen Verluste werden als Funktion der Temperaturdifferenz zur Umgebung gemessen. Um die Versuchzeiten zu reduzieren, verfügt die Heizung über einen PID-Regler.

Solarer Receiverprüfstand (SolaRec)

Das Ziel des solaren Receiverprüfstandes (s. Bild 1, links) ist es, die einfallende Sonnenstrahlung mit in der Leistungsbilanz zu berücksichtigen. Der SolaRec-Prüfstand besteht aus zwei Parabolrinnen, die zweiachsig der Sonne nachgeführt werden. Daher können im SolaRec gleichzeitig zwei Receiver mit Durchmessern von 70-100 mm vermessen werden. Die Parabolrinnen sind 5 m lang und weisen eine Aperturbreite von 2,3 m und eine Fokallänge von 0,8 m auf. Eine detaillierte Qualifizierung der optischen Eigenschaften der beiden Konzentratoren ermöglicht die genaue Bestimmung der jeweiligen solaren Eingangsleistung auf die Receiver. Mittels eines Abschattungssystems kann zudem die effektive Aperturfläche und somit die eingestrahlte Solarleistung geregelt werden. Folgende Messmethoden können beim SolaRec zum Einsatz kommen:

1. Heißer Test: Nach allmählicher Erhitzung der Receivers werden diese auf die gleichen Temperaturen erhitzt, bei denen im ThermoRec (s.o.) bereits die thermischen Verluste gemessen wurden. Im stationären Zustand entspricht die Gesamtverlustleistung des Receivers der solaren Eingangsleistung auf den Receiver. Die Gesamtverluste werden als Funktion der Temperaturdifferenz zur Umgebung gemessen. Aus dem Vergleich der Gesamtverlustleistung mit den bekannten thermischen Verlusten des Receivers kann der optische Wirkungsgrad bei verschiedenen Betriebstemperaturen bestimmt werden.

2. Kalter Test: Die Receiver werden mit Wasser durchflossen und auf Umgebungstemperatur gekühlt. Thermische Verluste können somit vernachlässigt werden. Aus dem gemessenen Volumenstrom und dem Temperaturanstieg des Wassers wird die Enthalpiedifferenz des Wassers und somit die absorbierte Leistung des

* Korrespondenzautor: Tel.: +49 2203-601-4507; Fax: +49 2203-601-4141; e-mail: bjoern.schiricke@dlr.de

Absorbers berechnet. Daraus ergibt sich mit der Eingangsleistung auf den jeweiligen Receiver der kombinierte Transmissions- und Absorptionsgrad des Receivers.

Elliptischer Sonnensimulator-Receiverprüfstand (ElliRec)

Um unabhängig von den Wetterbedingungen und Tageszeiten unter reproduzierbaren Testbedingungen Messungen durchführen zu können, wurde zusätzlich zum SolaRec ein Receiverprüfstand mit künstlichen Lichtquellen entwickelt (s. Bild 1, rechts). Darin werden Halogen-Metaldampflampen (HMI) mit sonnenähnlichem Spektrum zur Simulation konzentrierter Solarstrahlung verwendet.

Die Geometrie des Prüfstandes wurde mit einem Strahlverfolgungsmodell entwickelt und auf eine möglichst homogene Verteilung der Strahlung entlang des Receivers optimiert. Die Ellipsenrinne ist an den Enden durch flache Spiegel abgeschlossen. In den Brennlinsen befinden sich auf der einen Seite die Lampen, auf der anderen das Absorberrohr. Die Ellipsenrinne hat eine Höhe von 1,4 m, eine Breite von 2 m und eine Länge von 5 m. Bei diesem Prüfstand können ebenfalls die oben genannten heißen und kalten Testmethoden an den Receivern durchgeführt werden.



Bild 1: links: Solarer Receiverprüfstand (SolaRec) zum simultanen Testen von 2 Receivern; rechts: Elliptischer Sonnensimulator-Receiverprüfstand (ElliRec, Innenansicht)

3 Erste Ergebnisse

Die neuen Prüfstände SolaRec und ElliRec wurden kürzlich in Betrieb genommen und befinden sich momentan in der Erprobungsphase. Erste Messungen verschiedener Receiver am ElliRec zeigen zum einen eine gute Reproduzierbarkeit, zum anderen eine hohe Messempfindlichkeit, die Unterschiede zwischen den Receivern deutlich auflösen kann (s. Bild 2).

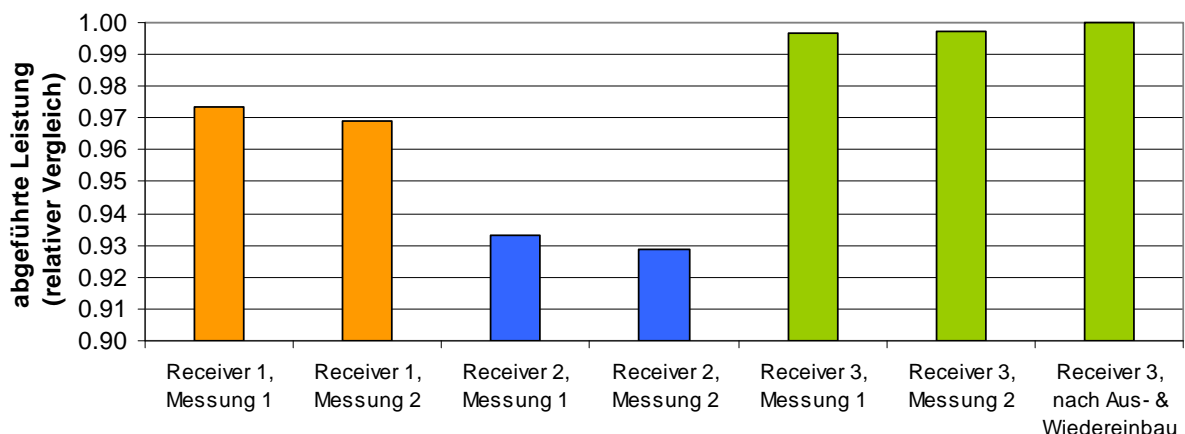


Bild 2: Erste Messergebnisse des ElliRec zur Reproduzierbarkeit der Messergebnisse und zum Vergleich des optischen Wirkungsgrades unterschiedlicher Receiver

4 Zusammenfassung und Ausblick

Es wurden neue Prüfstände für Parabolrinnen-Receiver entwickelt, um die Leistungsfähigkeit als Einzelkomponente unabhängig vom eigentlichen Solarfeld messen zu können. Damit verfügt das QUARZ-Zentrum nun über Prüfstände, mit denen sowohl die optischen als auch die thermischen Eigenschaften von einzelnen Receivern gemessen werden können. Mit dem elliptischen Sonnensimulator-Receiverprüfstand ElliRec stehen erstmals im Labor reproduzierbare Messbedingungen konzentrierter Solarstrahlung auf einer 5 m langen Fokuslinie mit Strahlungsflussdichten im Bereich von 10-20 kW/m² für Forschungs- und Entwicklungsaufgaben zur Verfügung.

Nächste Schritte sind ein systematischer Vergleich von Messergebnissen an den verschiedenen Prüfständen sowie Analyse und Optimierung der jeweiligen Messunsicherheiten. Als Ergebnis wird ein standardisierbares Messverfahren zur quantitativen Bewertung der optischen und thermischen Eigenschaften von Receivern erzielt.

Die Arbeiten wurden vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit finanziell gefördert (QUARZ-CSP, Förderkennzeichen 03UM0095).

Literatur

^[1] Lüpfer, Riffelmann, Price, Burkholder and Moss (2008): Experimental Analysis of Overall Thermal Properties of Parabolic Trough Receivers, Journal of Solar Energy Engineering, Vol. 130

^[2] Burkholder and Brandemuehl (2007): Parabolic Trough Receiver Thermal Testing, Proceedings of ES2007, Energy Sustainability, Long Beach, California