

Strömungsvisualisierung an Solarreceivern

Hannes Stadler, Arne Tiddens, Daniel Maldonado Quinto

Strömungsvisualisierung

Die Effizienz solarer Strahlungsempfänger, wie sie in Turmkraftwerken zum Einsatz kommen, hängt stark von der sich an der Turmspitze einstellenden Strömungssituation ab. Die Vermessung der Strömung ist für das Verständnis der Verlustmechanismen und die Weiterentwicklung solarer Strahlungsempfänger wichtig. Je nach Anwendung können dabei verschiedene Messtechniken verwendet werden.

Particle Image Velocimetry (PIV)

Die Messmethode PIV ist ein Standardverfahren der Strömungsdiagnostik. Dabei werden dem Messvolumen sogenannte Tracer-Partikel zugefügt, die der Strömung folgen. Mit Hilfe eines Laserschnitts und einer Hochgeschwindigkeits-Kamera werden die Partikel verfolgt, um anschließend Geschwindigkeitsfelder zu rekonstruieren. Am DLR wurde ein Testaufbau entwickelt, um die Strömungssituation an der Receiver-Front eines offenen volumetrischen Receivers quantitativ vermessen zu können. Zum ersten Mal wurde hier die Messtechnik PIV unter den für Solarreceivern besonderen Randbedingungen eingesetzt. Dadurch konnte unter realen Betriebsbedingungen am Hochleistungsstrahler des DLR in Köln die Strömung an der offenen Luftreceiver-Technologie erfolgreich vermessen werden. Die Messmethode PIV offenbart dabei die hochturbulente Strömungssituation (Bild 1).

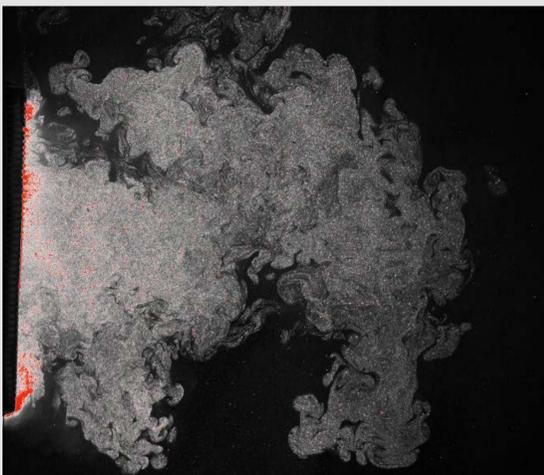


Bild 1: Momentaufnahme der eingebrachten Partikel am Teststand der offenen Luftreceiver-Technologie

Background Oriented Schlieren (BOS)

In Bereichen wo die Strömung nicht mit Partikeln belastet werden kann oder soll können durch Schlieren-Aufnahmen qualitative Informationen über die Strömung gewonnen werden.



Bild 2: Cavity im Kryo-Kanal-Köln

BOS ist eine Schlierentechnik bei der Verschiebungen des Hintergrunds in einer Aufnahme der Strömung im Vergleich mit einer Referenzaufnahme ermittelt werden. Diese Verschiebungen sind ein direktes Maß für Dichtegradienten im Messvolumen.

Bei Untersuchungen zu konvektiven Verlusten von Cavityreceivern im Kryo-Kanal-Köln (Bild 2) wurde diese Technik eingesetzt, um neben den globalen Messwerten des Wärmeverlusts auch Einblicke in die Strömungsstruktur zu erhalten. Bild 3 zeigt zwei instantane Aufnahmen der Dichtegradienten bei natürlicher Konvektion einer horizontalen Cavity. Deutlich ist die aus der oberen Hälfte der Apertur austretende Auftriebsströmung zu erkennen.

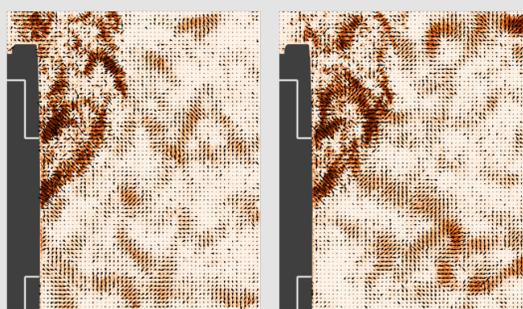


Bild 3: Dichtegradienten vor der Cavity bei natürlicher Konvektion

Danksagung

Diese Arbeiten wurden gefördert durch das Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes NRW im Rahmen des Projektes Start-SF (Förderkennzeichen 323-2010-006)



Bild 4: Strömungsvisualisierung mit Nebel

Induced Infrared Thermography (IIT)

Steht kein für Schlierenaufnahmen geeigneter Hintergrund zur Verfügung, kann durch den Einsatz eines infrarotaktiven Gases das Strömungsfeld visualisiert werden.

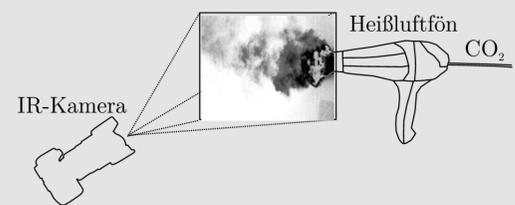


Bild 5: Laboraufbau zur IIT Entwicklung

Die Messtechnik wurde zunächst im Labor entwickelt. Bild 5 zeigt den Aufbau der Messtechnik. Der Heißluft eines Heißluftgebläses wurde CO₂ zugeführt und die Strömung mittels einer Infrarotkamera und Bandpassfilter (4,24 µm) aufgenommen.

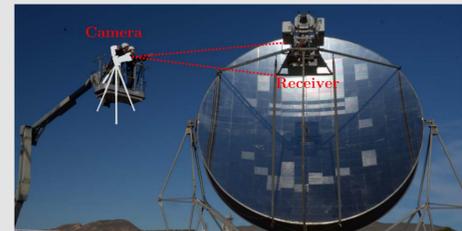


Bild 6: IIT Messaufbau am Solar Dish

Die Messmethode wurde an einem Solar Dish in Almería, Spanien (Bild 6) unter Umgebungsbedingungen und Bestrahlung erfolgreich getestet.

Bild 7 zeigt die Strömungsvisualisierung des untersuchten Receivermodells.

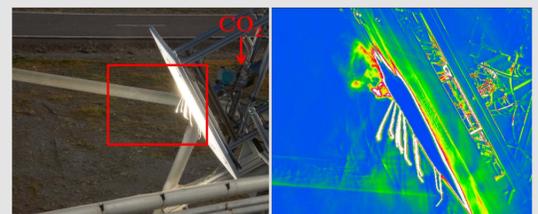


Bild 7: IIT Messung am Solar Dish