

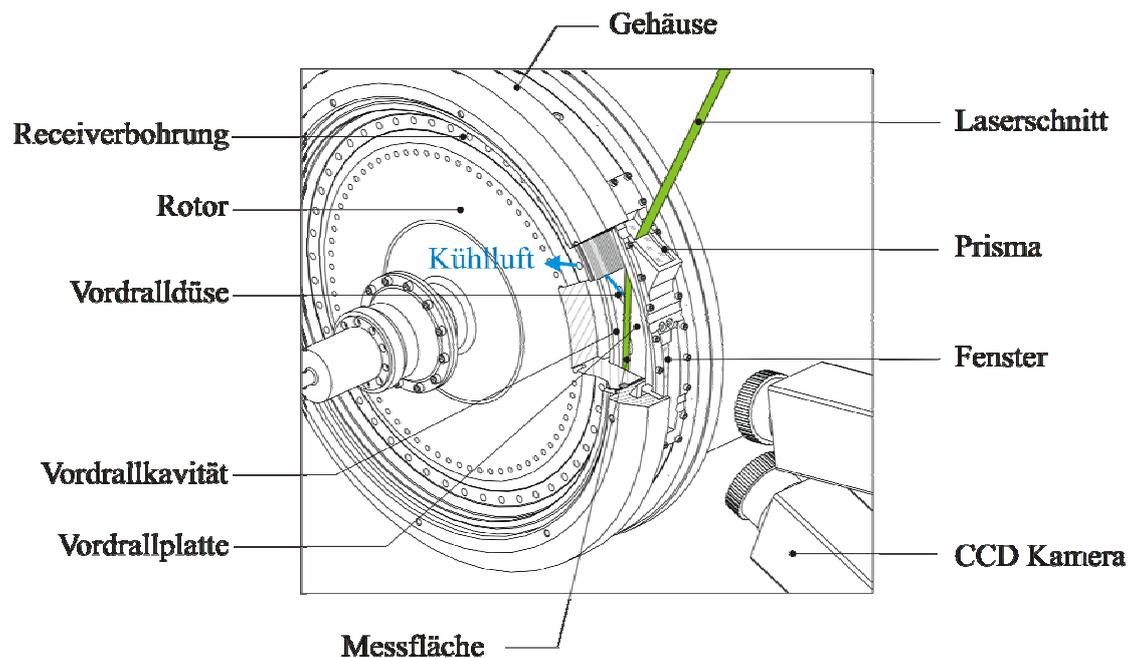
# **STEREO PIV-MESSUNGEN IN ROTOR-STATOR ZWISCHENRÄUMEN MIT VORDRALLBEHAFTETER KÜHLLUFT**

**C. Bricaud, B. Richter, K. Dullenkopf, H.J. Bauer**  
Lehrstuhl und Institut für Thermische Strömungsmaschinen  
Universität Karlsruhe  
76128 Karlsruhe, Deutschland

Die Optimierung und Weiterverbesserung des Kühlluftsystems ist eine wichtige Komponente, im Bestreben die Leistungen moderner Gasturbinen zu erhöhen. Am Institut für Thermische Strömungsmaschinen werden unterschiedliche Konfigurationen eines sogenannten Vordralldüsenystems intensiv untersucht (Dittmann et al., 2001; Geis et al., 2003). Temperatur- und Druckmessungen werden sowohl im stationären als auch im rotierenden Bezugssystem durchgeführt, um die Effektivität des Vordralldüsenystems zu bestimmen. Parallel dazu werden insbesondere in der Vordrallkavität präzise Geschwindigkeitsmessungen realisiert. Dort wird die in den Vordralldüsen expandierte Kühlluft vermischt und den Receiverbohrungen zugeführt. Detaillierte Geschwindigkeitsmessungen werden zur Validierung von CFD-Berechnungen und zur Verbesserung eindimensionaler Modelle zur Beschreibung der Verluste im Vordralldüsenystem benötigt.

Ziel dieser Arbeit war die Messung des dreidimensionalen Geschwindigkeitsfeldes im Rotor-Stator Zwischenraum eines Vordralldüsenystems mittels Stereo PIV. Die radialen und tangentialen Geschwindigkeitskomponenten der Strömung in der Vordrallkavität wurden schon von Geis et al. (2002) mit Hilfe eines mit Endoskop ausgerüsteten PIV Aufbaus vermessen. Dabei wurde gezeigt, dass das PIV-System fähig ist, schneller zuverlässige Daten zu liefern als ein LDA-System. Dennoch stellen die in einer Turbomaschine typische Strömung und die geometrische Randbedingungen schwierige Bedingungen für derartige Messungen dar. Allein die instationäre, komplexe dreidimensionale Strömung, die in engen Räumen mit begrenzter optischer Zugänglichkeit auftritt, erfordert angepasste optische Einrichtungen für einen erfolgreichen Einsatz der PIV Technik im Vordralldüsenystem.

Das PIV System wurde unter Berücksichtigung der spezifischen Strömungseigenschaften aufgebaut (vgl. Abb. 1). Durch das Ausrichten des Laserschnitts senkrecht zur der minimalen Geschwindigkeitskomponente konnte der sogenannte „out of plane“ Fehler reduziert und eine gute Erfassung der anderen Geschwindigkeitskomponenten gewährleistet werden. Der optische Zugang wurde so konstruiert, dass der Zeitaufwand bei der Vorbereitung und Messungen minimal gehalten werden konnte (vgl. Abb. 1). Das für unterschiedliche geometrische Konfigurationen angepasste Gehäuse besteht aus einem trennbar Teil, welcher eine Vorrichtung für die Kalibrierung, den optischen Zugang für die Kameras und ein Prisma für die Führung des Laserschnitts enthält. Durch die geometrischen Eigenschaften des verwendeten Aufbaus wird die in die Vordrallkavität transmittierte Laserintensität optimiert und das an den Wänden reflektierte Licht minimiert. Die Messungen wurden mit Hilfe des in Abb. 1 gezeigten PIV Aufbaus für eine geometrische Konfiguration und verschiedene Betriebspunkten durchgeführt. Beim Analysieren des Strömungsfeldes bei drei unterschiedlichen Rotorpositionen wurden zusätzlich die durch die Rotation der Receiverbohrungen verursachten Strömungsinstationaritäten untersucht.



**Abb. 1: Aufbau und Anordnung des Stereo-PIV-Systems**

Vor der Analyse des gemessenen Strömungsfeldes wurden mehrere Auswertungsmöglichkeiten getestet, wobei die „Interrogation Spot“ Grösse bzw. die Auflösung des Geschwindigkeitsfeldes geändert wurde. Das gemessene dreidimensionale Strömungsfeld zeigt genau, wie sich der aus der Vordralldüse entstehende Luftstrahl in der Vordrallkavität ausbreitet und dabei in axialer Richtung eine Reduktion der Umfangsgeschwindigkeitskomponente auftritt. In Abhängigkeit von den verschiedenen Geschwindigkeitskomponenten wurden zwei verschiedene Strömungsmodi entdeckt und genauer studiert. Beim ersten Modus trifft der Strahl auf die Rotorscheibe und beim zweiten wird der Strahl so stark umgelenkt, dass er nicht auf den Rotor trifft. Des Weiteren wurde eine gute Übereinstimmung der aus den PIV-Messungen und der aus den Temperatur- und Druckmessungen ermittelten Geschwindigkeiten festgestellt.

Die durchgeführten Messungen zeigen, dass Stereo PIV in Rotor-Stator Zwischenräumen unter extreme Randbedingungen erfolgreich eingesetzt werden kann. Der verwendete PIV Aufbau ermöglicht es, den Zeitaufwand bei der Vorbereitung zu reduzieren und zahlreiche geometrische Konfigurationen in einer akzeptablen Zeit durchzuführen.

## LITERATUR

- Dittmann, M., Dullenkopf, K. and Wittig, S., 2003, “Direct-Transfer Preswirl System: A One Dimensional Modular Characterization of the Flow”, ASME-Paper GT2003-38312
- Dittmann, M., Geis, T., Schramm, V., Kim, S. and Wittig, S., 2001, “Discharge Coefficient of a Pre-Swirl System in Secondary Air System”, ASME-Paper 2001-GT-0122
- Geis, T., Dittmann, M. and Dullenkopf, K., 2003, “Cooling Air Temperature Reduction in a Direct Transfer Preswirl System”, ASME-Paper GT2003-38231

Geis, T., Rottenkolber, G., Dittmann, M., Richter, B., Dullenkopf, K. and Wittig, S., 2002, "Endoscopic PIV-Measurements in an Enclosed Rotor-Stator System with Pre-Swirled Cooling Air", 11<sup>th</sup> International Symposium on application of Laser Techniques to Fluid Mechanics, Lisbon, Portugal

Karabay, H., Chen, J.-X., Pilbrow, R., Wilson, M. and Owen, J.M., 1999, "Flow in a "Cover-Plate" Preswirl Rotor-Stator System", Journal of Turbomachinery, Vol.121, pp. 160-166

Meierhofer, B. and Franklin, C. J., 1981, "An Investigation of a Preswirled Cooling Airflow to a Turbine Disc by Measuring the Air temperature in the Rotating Channels", ASME-Paper 81-GT-132