

Diss. ETH No. 14730

**DEVELOPMENT OF A PLANAR
THREE-COMPONENT VELOCIMETER
USING DOPPLER GLOBAL
VELOCIMETRY (DGV) AND PIV**

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZÜRICH

for the degree of
DOCTOR OF TECHNICAL SCIENCES
Dr. sc. techn.

presented by
RALF BÖMMELS
Dipl.-Ing.
(University of Stuttgart, TU)
born on June 4, 1972
citizen of Germany

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. T. Rösgen, examiner
Prof. Dr. L. Bernal, co-examiner

2002

Kurzfassung

Bei Anwendung der planaren, laserbasierten Doppler Global Velocimetry (DGV) wird die Strömungsgeschwindigkeit mit Hilfe des optischen Doppler-Effekts bestimmt. Das Messverfahren basiert auf der frequenzselektiven Absorption von dopplerverschobenem Streulicht in einem scharfkantigen molekularen Filter.

Am Institut für Fluidodynamik wurde ein DGV-System entwickelt, mit dem eine Geschwindigkeitskomponente, die aus der beleuchteten Ebene heraus gerichtet ist, gemessen werden kann. Mit dem experimentellen Aufbau ist ausserdem die Messung der Geschwindigkeitskomponenten in der Ebene mittels Particle Image Velocimetry (PIV) möglich. Mit lediglich einem Kamerasystem ist man also mit einer kombinierten Technologie, DGV-PIV, in der Lage, drei linear unabhängige Geschwindigkeitskomponenten in einer Ebene zu messen.

Ein PIV-fähiges Doppler Anemometer besteht im Wesentlichen aus einem gepulsten Laserpaar für die Beleuchtung der Strömung und einem computerbasierten Bilderfassungssystem mit eingebautem Molekularfilter. Die Güte jeder einzelnen Komponente hat dabei einen starken Einfluss auf die Messgenauigkeit des Gesamtsystems. Aus diesem Grund wurden in der vorliegenden Arbeit alle inhärent wichtigen, technischen Daten der Systemkomponenten experimentell evaluiert.

Das Funktionieren und die Genauigkeit des 1D- und des 3D-Messverfahrens wurden in grundlegenden Standardversuchen untersucht. Bei diesen Versuchen handelt es sich um die Untersuchung einer rotierenden Scheibe bzw. eines Freistrahls. Ausserdem konnte mit der Vermessung einer Kanalströmung auch die Anwendbarkeit von DGV-PIV in einer Windkanalumgebung nachgewiesen werden.

Abstract

Doppler global velocimetry (DGV) is a planar velocity measurement technique based on the determination of the Doppler shift of laser light scattered off particles using a molecular filter.

A pulsed Doppler global velocimeter has been constructed at the Institute of Fluid Dynamics at the Swiss Federal Institute of Technology, Zurich. An out-of-plane component of each velocity vector in the laser-illuminated plane is obtained by this system. The experimental setup is extended to measure the in-plane component of the velocity vectors using particle image velocimetry (PIV). Thus, a measurement system has been developed which is capable of obtaining three components of the velocity in a plane using one single imaging system.

A velocimeter based on pulsed DGV consists of a long-pulse laser pair for flow illumination, an image acquisition system and the molecular filter cell. The specifications of each single component have a major effect on the overall system performance. Therefore, the technical specifications of all the components have been evaluated experimentally. Evaluation data are presented in this thesis.

Additionally, the overall system performance has been evaluated with generic standard experiments. In the present case, rotating wheel experiments and jet flow measurements have been performed to demonstrate initial DGV system performance. The combined technique, DGV-PIV, was evaluated measuring the "flow field" of an extended rotating disc setup. Furthermore, with a standard flow case, the applicability of DGV-PIV to wind tunnel measurements has been demonstrated.