

IBP-MITTEILUNG

515

38 (2011) NEUE FORSCHUNGSERGEBNISSE, KURZ GEFASST

Björn Weingärtner,
Matthias Mitterhofer,
Christoph van Treeck

MESSTECHNISCHE ERFASSUNG VON GESCHWINDIGKEITSFELDERN MITTELS STEREOSKOPISCHER PARTICLE IMAGE VELOCIMETRY (PIV)

Raumluftströmungen können rechnerisch mit Methoden der numerischen Strömungssimulation und messtechnisch erfasst werden – entweder punktwise mittels der Hitzdraht-Anemometrie oder mit Hilfe laserbasierter Messsysteme in zwei oder drei Raumdimensionen. Beispiele für letztgenannte Methoden sind Laser-Doppler Anemometrie (LDA), Particle Image Velocimetry (PIV) oder Particle Tracking Velocimetry (PTV).

PARTICLE IMAGE VELOCIMETRY (PIV)

PIV ist ein berührungsloses, laseroptisches Messverfahren zur schnellen Erfassung von Strömungsgeschwindigkeitsfeldern in Flüssigkeiten oder Luftströmungen und basiert auf der Korrelation von Partikelabbildungen in Doppelbildern. Dazu werden der Raumluftströmung Tracerpartikel beigefügt, welche mit einem Laser so beschossen und beleuchtet werden, dass das reflektierte Licht von einer oder mehreren Kameras aufgezeichnet werden kann.

EINGESETZTES PIV-MESSSYSTEM

Als Lichtquelle wird ein Nd:YAG-Doppel-puls laser mit einer Frequenz von 15 Hz und einer Pulsenergie von 200 mJ verwendet. Über eine Lichtschnittoptik wird der Laserstrahl zu einem Lichtschnitt aufgeweitet, welcher von zwei sCMOS-Kameras mit jeweils 2560 x 2160 Pixel Auflösung erfasst wird. Die Erweiterung eines herkömmlichen PIV-Systems um eine zweite Kamera zu einem stereoskopischen System ermöglicht es, in dem Lichtschnitt zusätzlich die dritte Geschwindigkeitskomponente in z-Richtung zu berechnen. Als Tracerpartikel stehen sowohl mit Helium gefüllte Seifenblasen zur Visualisierung großer Messbereiche, als auch Di-Ethyl-Hexyl-Sebacat (DEHS) für eine hohe räumliche Informationsdichte zur Verfügung.

LEISTUNGSFÄHIGKEIT DES PIV-SYSTEMS

Das eingesetzte PIV-System bietet die Möglichkeit, über die Regelung des Pulsabstandes zwischen den beiden Laserpulsen Luftströmungen stereoskopisch zu visualisieren. Die zeitliche Auflösung ist dabei auf 15 Doppelbildpaare pro Sekunde begrenzt. Räumlich können dabei je nach gewünschter Auflösung, verwendetem Seeding und gewählter Kameraanordnung Bereiche von bis zu mehreren Quadratmetern erfasst werden.

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-00
info@ibp.fraunhofer.de

Standort Holzkirchen
Fraunhoferstraße 10, 83626 Valley
Telefon +49 8024 643-0
info@hoki.ibp.fraunhofer.de

Standort Kassel
Gottschalkstraße 28a, 34127 Kassel
Telefon +49 561 804-1870
info-ks@ibp.fraunhofer.de

www.ibp.fraunhofer.de



VISUALISIERUNG DER MENSCHLICHEN AUFTRIEBSPLUME

Für die Erfassung der Auftriebsplume wurde der Laserlichtschnitt auf die Schulter- und Kopfregion einer speziellen, mit Hitzedrähten ausgestatteten Puppe ausgerichtet. Die konstante Wärmeabgabe von 85 Watt entspricht dabei der eines Menschen bei ruhiger, sitzender Tätigkeit. Die Messregion von etwa einem Quadratmeter wurde von beiden Kameras erfasst. Als Seedingmittel wurde DEHS verwendet, um auch kleine Wirbelstrukturen der Strömung mit einer möglichst großen räumlichen Genauigkeit zu erfassen. Nach erfolgreicher Justierung und Kalibrierung wurde die Auftriebsströmung für 120 Sekunden mit circa sieben Doppelpaarbildern pro Sekunde aufgezeichnet und abschließend das zugehörige Vektorfeld berechnet.

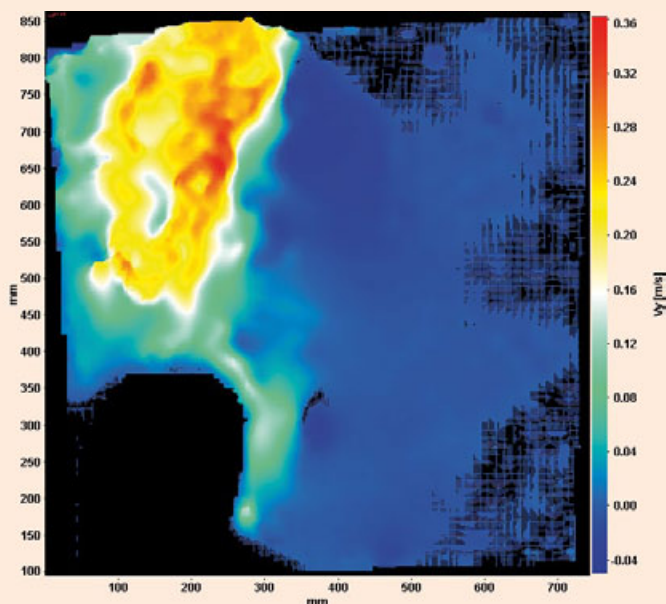
ERGEBNISSE DER PIV-MESSUNG

Um die Ergebnisse und die Genauigkeit des PIV-Systems zu überprüfen, wurde die sich einstellende Luftströmung über dem Kopf der Messpuppe mittels dreier Anemometer aufgezeichnet und die Ergebnisse verglichen. Die PIV-Visualisierung zeigt dabei deutlich die turbulente Natur dieser Auftriebsströmungsart. Die sich einstellende und über die Zeit gemittelte Luftströmung hat eine Durchschnittsgeschwindigkeit von ca. 16 cm/s. Die Abweichungen zwischen den gemittelten Punktmessungen der Anemometer und der gemittelten PIV-Messung betragen lediglich 0,3 bis 1,2 cm/s. Trotz einer sehr geringen Standardabweichung von wenigen cm/s treten vereinzelt sehr hohe Strömungsgeschwindigkeiten von bis zu etwa 50 cm/s auf.

AUSBLICK: PIV-MESSUNGEN IM FLUGLABOR

Das PIV-System wird auch im Fluglabor des Fraunhofer IBP eingesetzt, um im Avionikbereich des Flugzeugumpfes Luftströmungen aufzuzeichnen, damit Optimierungen am System bewertet werden können. Eine Herausforderung stellen hierbei der geringe zur Verfügung stehende Platz für die Durchführung der Messung, stark reflektierende Metalloberflächen sowie Vibrationen im laufenden Betrieb dar. Erste Vorversuche mit neuen Weitwinkelobjektiven liefern zufriedenstellende Ergebnisse.

Diagramm 1: Turbulente Auftriebsströmung über dem Kopf der beheizten Messpuppe



- 1
Prinzipieller PIV-Versuchsaufbau.
- 2
Einbringen von mit Helium gefüllten Seifenblasen (SBS).
- 3
Versuchsaufbau im Avionikbereich des Fluglabors.