

Laseroptisches Messsystem am Lehrstuhl für Verfahrenstechnik des Industriellen Umweltschutzes

Seit Ende des letzten Jahres verfügt der Lehrstuhl für Verfahrenstechnik über ein laseroptisches Labor zur Untersuchung von Fluidströmungen. Herzstück ist ein hochmodernes High-Speed Messsystem der Firma LaVision GmbH. LaVision (Sitz in Göttingen, Deutschland) ist spezialisiert auf die Entwicklung und den Vertrieb von laserunterstützten bildgebenden Verfahren.

Mit dem Messsystem sollen am Lehrstuhl verstärkt Strömungsphänomene sowie Stoff- und Wärmeübergänge, wie sie häufig in industriellen Anlagen vorkommen, untersucht werden. Durch die Kopplung von numerischen Strömungssimulationen mit realen Experimenten kann wertvolles Know-How für künftige Industrie- und Forschungsprojekte generiert werden.

Anwendungsgebiete der laseroptischen Messverfahren

Es gibt eine Reihe von Anwendungsgebieten, in denen laseroptische Messverfahren eingesetzt werden wie z.B. zur Visualisierung der Strömung von Gasen und Flüssigkeiten, bei der Verbrennungsdiagnostik bzw. bei der Untersuchung von Flüssigsprays und Gasblasen in Flüssigkeiten. Dabei können spezifische Größen wie Strömungsgeschwindigkeit, Temperatur oder die Konzentration bestimmter Stoffe in einem Fluid bzw. der Stoffübergang zwischen Fluiden gemessen werden.

Die Messung der Strömungsgeschwindigkeit beispielsweise basiert auf dem Prinzip der Particle Imaging Velocimetry (kurz PIV). Bei diesem berührungslosen Verfahren werden der Strömung feinste Partikel (Durchmesser einige μm) zugegeben, um diese sichtbar zu machen. Der zu untersuchende Strömungsbereich wird mit einer Lichtquelle (meist mit einem Laser bestimmter Wellenlänge) beleuchtet, der Licht, das zu einer planaren Ebene, einem sogenannten Lichtschnitt aufgeweitet ist, in zwei kurzen Pulsen aussendet. Das von den Partikeln in der Strömung gestreute Licht wird von einer oder mehreren Kameras (2D oder 3D-Messung möglich) in zwei Bildern erfasst, die in einem Abstand von einigen μs aufgenommen werden. Der Weg der Partikel innerhalb dieser Zeitspanne kann mit einer speziellen Software in eine lokale Strömungsgeschwindigkeit umgerechnet werden.

Temperatur und Dichte eines Fluids sowie Stoffkonzentrationen bzw. Stoffübergänge zwischen Fluiden können unter Verwendung der Laser Induced Fluorescence (kurz LIF) bestimmt werden. Dabei wird Laserlicht dazu verwendet, LIF-aktive Moleküle anzuregen und diese auf ein höheres Energieniveau zu bringen. Bei der Rückkehr in den Grundzustand geben die Moleküle die Energie in Form von Fluoreszenz ab. Über einen Filter, der am Kameraobjektiv befestigt ist, wird das Fluoreszenzlicht auf die Kamera übertragen. In einer weiteren speziellen Software kann beispielsweise die Konzentration anhand der Intensität des Fluoreszenzlichtes ausgewertet werden.

Aufbau des Systems am Lehrstuhl für Verfahrenstechnik

Das Laseroptische Messsystem am Lehrstuhl besteht aus mehreren modulartigen Komponenten (siehe Abbildung 1) zur berührungslosen Untersuchung von Interaktionen zwischen gasförmigen und flüssigen Strömungen.



Abbildung 1: Laseroptisches Messsystem am Lehrstuhl für Verfahrenstechnik;
Aufbau: 1) Laser; 2) Laserlichtführungsarm; 3) High Speed Kamera;
4) PC zur Steuerung und Auswertung

Laser (1) mit Lichtführungsarm (2)

Der Laser des am Lehrstuhl installierten Systems ist vom Typ her ein doppelgepulster Neodym-dotierter Yttrium-Aluminium-Granat Laser (kurz Nd:YAG) der Laserklasse 4 (höchste Klasse) mit einer Wellenlänge von 527 nm (neongrünes Licht) und einer Energie von 22,5 mJ. In der optischen Strömungsmesstechnik wird dieser Laser aufgrund seiner hohen Leistungsausbeute und der exakten Strahlqualität sehr häufig eingesetzt. Ein Laserlichtführungsarm (2) trägt den Laserkopf, der mithilfe einer Linse den Lichtschnitt erzeugt. Durch den Einsatz eines derartigen Lichtführungsarmes kann die Position des einfallenden Laserlichtes rasch und einfach den benötigten Erfordernissen angepasst werden.

High Speed Kamera (3)

Der Lehrstuhl verfügt über drei High Speed Kameras der Firma LaVision. Zwei davon sind vom Typ Imager Pro HS 4M mit einer maximalen Auflösung von 4 Megapixel und einer Bildrate von 1279 Bildern pro Sekunde bei voller Auflösung (in Abbildung 1 ist eine davon sichtbar). Die dritte ist eine Imager Kamera mit 5,5 MP und einer Bildrate von 30 Bildern pro Sekunde bei voller Auflösung. Die beiden Imager Pro HS Kameras werden speziell für die Messung von Strömungsgeschwindigkeiten eingesetzt und die dritte Kamera kann verwendet werden, wenn es vor allem um hohe Bildqualitäten (z.B. bei Konzentrationsmessungen in Fluiden) geht.

PC zur Steuerung und Auswertung (4)

Die während eines Experimentes aufgenommenen Bilder werden auf einen PC übertragen und können dann mit der LaVISION Software DaVIS ausgewertet werden, sodass Geschwindigkeiten oder Konzentrationen in Fluidströmungen bzw. Partikelgrößenverteilungen in Sprays bestimmt werden können.

Autoren: Dipl. Ing. Johannes Rieger, Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.Ing. Markus Lehner
E-Mail: johannes.rieger@unileoben.ac.at; markus.lehner@unileoben.ac.at
Lehrstuhl für Verfahrenstechnik des Industriellen Umweltschutzes
Department Umwelt- und Energieverfahrenstechnik