

Kurzfassung

Die zuverlässige Flowmessung ist in der Medizin- und Sicherheitstechnik essenziell und findet dort beispielsweise Anwendung in Anästhesie- und Beatmungsmaschinen oder Gaswarnanlagen. Gängige Flowsensoren in diesen Bereichen beruhen auf dem Prinzip der Hitzdraht-Anemometrie oder dem Differenzdruckprinzip. Diese Sensoren beeinflussen jedoch durch ihr Messprinzip die Eigenschaften des Flows, sind anfällig für Messabweichungen und erfordern teilweise regelmäßige Kalibrierungen. Die laserbasierte Flowmessung unter Anwendung der Self-Mixing-Interferometrie (SMI) bietet dazu eine berührungslose, nichtinvasive Alternative.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Aufbau konzipiert und entwickelt, um die laserbasierte Flowmessung unter Anwendung der Self-Mixing-Interferometrie zu realisieren. Es wurde ein optisches System aufgebaut, welches für verschiedene Messaufbauten verwendet werden kann. Damit wurden zunächst Vibrations- und Distanzmessungen an einer Lautsprechermembran durchgeführt. Die Messungen zeigten, dass mit der SMI-Methode Distanzen mit einer hohen Auflösung gemessen werden können und aus dem Signal zusätzlich Informationen über die Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung der Membran abgeleitet werden können. Im nächsten Schritt wurden Geschwindigkeiten einer Drehscheibe gemessen. Die Geschwindigkeiten wurden aus den Dopplerfrequenzen im Frequenzspektrum des SMI-Signals bestimmt und zeigten zuverlässige Ergebnisse mit geringen Abweichungen.

Abschließend konnte mit der SMI-Methode erfolgreich der Flow von Flüssigkeiten gemessen werden, wobei die Messungen ebenfalls geringe Abweichungen zu einem Referenzflowsensor zeigten. Zusätzlich ließen sich aus dem Signal Informationen ableiten, aus denen hervorgeht, ob der Flow laminar oder turbulent ist. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die laserbasierte Flowmessung mittels SMI eine vielseitige Messmethode bietet, die zukünftig eine vielversprechende Alternative zu konventionellen Verfahren darstellt.

Abstract

Flow measurement is essential in medical and safety technology, where it is used in anesthesia and respiratory machines or gas warning systems. Common flow sensors in this area are based on the principle of hot-wire anemometry or the differential pressure principle. However, these sensors influence the properties of the flow due to their measuring principle, are susceptible to measurement deviations and may require regular calibration. Laser-based flow measurement using self-mixing interferometry (SMI) may offer a non-contact, non-invasive alternative.

In this work, a setup was designed and developed to implement laser-based flow measurement using self-mixing interferometry. An optical system was developed that can be used for various measurement setups. In a first step, vibration and distance measurements have been carried out using a loudspeaker membrane as a target. The measurements showed that distances can be measured with a high resolution using the SMI method and that additional information such as the velocity and direction of movement of the membrane can be derived from the signal. In the next step, the velocities of a turning disc were measured. The velocities were determined from the Doppler frequencies in the frequency spectrum of the SMI signal and showed reliable results with low deviations.

Finally, the flow of a liquid was successfully measured using the SMI method, with the measurements also showing small deviations. In addition, information could be derived from the signal to determine whether the flow is laminar or turbulent. The results of this work show that laser-based flow measurement using SMI offers a versatile measurement method that represents a promising alternative to conventional methods in the future.