

## **Akustische Laufzeittomographie zur gleichzeitigen Fernsondierung von dreidimensionalen Temperatur- und Strömungsfeldern**

M. Barth (1), A. Raabe (1), A. Ziemann (2), and M. Wilsdorf (1)

(1) Universität Leipzig, Institut für Meteorologie, Stephanstr. 3, Leipzig, Germany (mbarth@uni-leipzig.de), (2) Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V., Permoserstr. 15, Leipzig, Germany

Die akustische Laufzeittomographie ist ein Verfahren, welches die Abhängigkeit der Ausbreitungsgeschwindigkeit akustischer Signale in Luft von den Parametern Temperatur und Strömungsgeschwindigkeit entlang des Ausbreitungsweges nutzt, um aus Messungen der Schallgeschwindigkeit auf diese Parameter zu schließen. Die Kombination von Messungen entlang verschiedener Wege durch das Untersuchungsgebiet und die Nutzung tomographischer Techniken erlaubt es ferner, räumliche Verteilungen der Temperatur und der Strömung im betrachteten Gebiet zu bestimmen.

Ausgehend von einem akustisch tomographischen System zur Erfassung zweidimensionaler Temperatur- und Strömungsfelder wird ein System vorgestellt, welches die räumlich dreidimensionale Messung von Temperatur- und Strömungsverteilungen in einem Volumen erlaubt und zeitliche Entwicklungen der Verteilungen erfassen kann. Ein wesentlicher Vorteil des Messverfahrens ist hierbei, dass beide Felder gleichzeitig erfasst werden können, dass keine Störkörper in das Volumen eingebracht werden müssen und dass (unter natürlichen Bedingungen) Messfehler durch z.B. Strahlungseffekte oder die Trägheit der Sensoren ausgeschlossen werden können.

Die Arbeiten zur Weiterentwicklung des Messsystems wurden an einem Tomographiemodell durchgeführt, mit dem ein Volumen im Kubikmeterbereich untersucht werden kann. Mit einem System dieser Ausdehnung sind z.B. Strömungs- und Temperaturfeldmessungen auf der Skala eines Windkanals möglich.

Hardwareseitig wurden hierfür speziell konstruierte Schallgeber auf Senderseite konstruiert und gebaut. Neben einer geringen räumlichen Ausdehnung, um die zu bestimmenden Felder möglichst wenig zu beeinflussen, und einer flexiblen Positionierbarkeit um das Messgebiet, ermöglichen die neu entwickelten Lautsprecher eine homogene räumliche Schallabstrahlung, welche unerlässlich für die Anwendung bei dreidimensionalen akustisch tomographischen Laufzeitmessungen ist.

Des Weiteren wurde ein Algorithmus für die Berechnung der räumlichen Strömungs- und Temperaturverteilungen auf Grundlage einer iterativen algebraischen Rekonstruktionstechnik entwickelt und in das Messsystem integriert. Die Rekonstruktionsgenauigkeit des Algorithmus wurde mittels Sensitivitätsstudien untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass für verschiedene vorgegebene Verteilungen gute Übereinstimmungen zwischen den Vorgaben und den rekonstruierten Verteilungen erreicht werden.

Experimentell wurde das Verfahren unter verschiedenen Bedingungen im Labor (ohne Strömung) sowie im Niedergeschwindigkeitswindkanal der Technischen Universität Dresden erprobt. Die Empfindlichkeit des Systems erlaubt es, bei ‚Windstille‘ eine sich im Messvolumen aufbauende thermische Schichtung zu beobachten. Im Windkanal erzeugte homogene Strömungsverteilungen werden durch das Verfahren ebenfalls abgebildet. Darüber hinaus erlaubt es die durch das Messsystem erreichbare räumliche Auflösung (diskrete Unterteilung des durch die Schalllaufwege aufgespannten Volumens in Teilvolumina entsprechend der Anzahl der Schallmessstrecken), dynamische und thermische Strukturen hinter sich im Luftstrom befindlichen Störkörpern sichtbar zu machen.

Im Gegensatz zu den herkömmlichen Methoden ist es mit dem Verfahren der akustischen Laufzeittomographie möglich, Temperatur- und Strömungsfelder gleichzeitig zu erfassen, ohne die Strömung zu beeinflussen. So können für räumlich durchaus höher aufgelöste Messverfahren (PIV, LDA) zusätzliche Informationen aus der Untersuchungsumgebung gewonnen werden.

Darüber hinaus ist das Verfahren skalierbar und nicht auf die Anwendung im Modellmaßstab beschränkt. Nach entsprechender Anpassung der Hardware (insbesondere der Lautsprecher) ist es möglich, Messungen unter natürlichen Bedingungen mit einer horizontalen Ausdehnung von einigen hundert Metern durchzuführen. Ziel derartiger Anwendungen sind z.B. Abschätzungen zur Homogenität eines Messortes, die Untersuchung

von unzugänglichen Gebieten oder die Erfassung räumlicher Mittelwerte meteorologischer Parameter. Eine Erfassung natürlicher Umgebungsturbulenz ist ebenfalls denkbar und wird derzeit nur von der Wiederholrate der Einzelmessungen, die auf wenige Tomogramme pro Minute beschränkt sind, limitiert.