



Akustische Laufzeittomographie zur mehrdimensionalen Erfassung von Temperatur- und Strömungsfeldern

M. Barth, M. Wilsdorf, A. Raabe

Universität Leipzig, Institut für Meteorologie, Stephanstr. 3, 04317 Leipzig, Germany
(mbarth@uni-leipzig.de / Fax: +49-(0)341-9732899 / Phone: +49-(0)341-9732872)

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit akustischer Signale in der Atmosphäre wird im Wesentlichen von den Temperatur- und Strömungsverhältnissen entlang des Schallweges bestimmt. Die Schallgeschwindigkeit kann somit als Indikator für die mittleren meteorologischen Verhältnisse dieser Parameter entlang des Schallweges dienen, wobei der gekoppelte Einfluss von Temperatur und Strömung es erlaubt, beide Parameter zeitgleich zu erfassen. Messungen der Schalllaufzeit auf verschiedenen Ausbreitungswegen durch ein Messgebiet bei genauer Kenntnis der Weglängen liefern somit Informationen über den aktuellen Atmosphärenzustand innerhalb des Gebietes, ohne dabei störende Messgeräte in das Untersuchungsgebiet einbringen zu müssen. Zur Bestimmung der Verteilungen der meteorologischen Parameter werden tomographische Verfahren eingesetzt, welche insbesondere aus dem medizinisch diagnostischen Bereich bekannt sind. Diese Verfahren erlauben es, aus Messwerten entlang verschiedener Wege durch ein Gebiet räumlich gemittelte Größen zu bestimmen. Für das hier vorgestellte Verfahren wird das Messgebiet in diskrete Teilflächen unterteilt, für welche die Parameter Strömung und Temperatur rekonstruiert werden. Die räumliche Auflösung des Messgebietes hängt dabei von der Anzahl der verwendeten Schallsender und Empfänger, der sich daraus ergebenden Schallstreckenzahl sowie von der Größe des Messgebietes selbst ab. Zur Demonstration des Verfahrens hinsichtlich der gleichzeitigen experimentellen Bestimmung von Temperatur- und Strömungsfeldern wurde das akustische Messsystem im Ilmenauer Fass, einem Experimentalaufbau der TU Ilmenau zur Untersuchung konvektiver Phänomene, installiert. Aufgrund von Temperaturgegensätzen zwischen beheizter unterer Begren-

zung und gekühlter oberer Begrenzung des zylinderförmigen Ilmenauer Fasses (ca. 7m Durchmesser, 6m Höhe), bildet sich eine Konvektionsströmung zwischen Kühl- und Heizplatte heraus. Um diese zu erfassen, wurden die Schallsender und Empfänger derart um eine vertikal ausgerichtete Fläche angeordnet, dass genau das Gebiet, in welchem die Hauptkonvektionsströmung erwartet wurde, abgetastet werden konnte. Die Ergebnisse der Messungen zeigen, dass die Hauptströmungseigenschaften erfasst und die Temperaturverteilung wiedergegeben wird. Eine Auflösung kleinräumiger konvektiver Strukturen konnte jedoch aufgrund der begrenzten Anzahl der zur Verfügung stehenden Messstellenzahl nicht realisiert werden. Ebenfalls beschränkte die verfügbare Anzahl von akustischen Ein- und Ausgangskanälen die Anwendung des akustischen Systems auf eine zweidimensionale Messfläche. Im Hinblick auf die Erfassung dreidimensionaler Verteilungen der Größen Temperatur und Strömung wurde das akustische Messsystem erweitert, die Schallsender für eine räumliche Aussendung akustischer Signale optimiert sowie die Rekonstruktionsalgorithmen angepasst. Zur Demonstration der Rekonstruierbarkeit dreidimensionaler räumlicher Strukturen wurden verschiedene Temperatur- und Strömungsverteilungen vorgegeben und aus ihnen Schalllaufzeiten berechnet. Ein anschließender Vergleich der tomographisch berechneten dreidimensionalen Felder mit den vorgegebenen Verteilungen demonstriert das Potential der akustischen Laufzeit-tomographie zur gleichzeitigen räumlich aufgelösten Detektion von Temperatur- und Strömungsfeldern.