

Bestimmung der Schallintensität aeroakustischer Quellen

Christian Hahn¹, Stefan Becker², Manfred Kaltenbacher¹, Reinhard Lerch¹

¹ Lehrstuhl für Sensorik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 91052 Erlangen,, Deutschland,
Email: christian.hahn@lse.eei.uni-erlangen.de

² Lehrstuhl für Strömungsmechanik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 91058 Erlangen

Einleitung

Zur Ermittlung der Schallintensität von tonalen und breitbandigen aeroakustischen Schallquellen wird die Einsetzbarkeit einer schnellebasierten Schallintensitäts-sonde (Microflown, PU-Sonde) untersucht. Diese zeichnet sich durch ihre geringe Baugröße und ihre ohne mechanische Umbauten mögliche breitbandige Anwendbarkeit aus. Zum Vergleich werden Messungen mit der PP-Sonde (B&K Investigator 2260) herangezogen. Die Intensitätsmessungen werden an tonalen (überströmter Zylinder) und breitbandigen Schallquellen (überströmte Stufe) in einem Aeroakustik-Windkanal durchgeführt und miteinander verglichen.

Die Arbeiten erfolgen im Rahmen eines durch die Bayerische Forschungsförderung geförderten Projektes („Fluid-Struktur-Lärm“).

Kalibrierung

Zur Kalibrierung der schnellebasierten Sonde existieren verschiedene Verfahren [1]. In diesen Untersuchungen wird ein kurzes Kundt'sches Rohr mit einer Länge von 24 cm verwendet (s. Abbildung 1). Das von einem Lautsprecher erzeugte breitbandige Rauschsignal wird gleichzeitig von der Intensitätssonde und einem Referenzmikrofon aufgenommen. Durch die analytisch bekannte Verteilung des Schalldruckes und der –schnelle im Rohr und den Vergleich mit dem am Referenzmikrofon vorhandenen Druck kann die Sonde hinsichtlich Druck, Schnelle und Phase kalibriert werden [2].

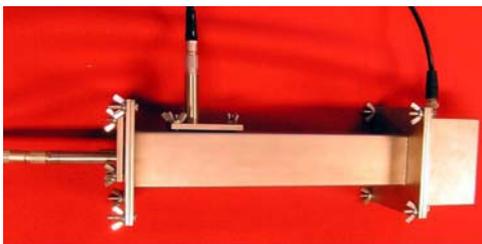


Abbildung 1: Zur Kalibrierung der schnellebasierten Intensitätssonde verwendetes kurzes Kundt'sches Rohr [2].

Anwendung im Windkanal

Zur Verifizierung der so erhaltenen Kalibrierkurven werden Vergleichsmessungen mittels PP-Sonde im Aeroakustik-Windkanal der Universität Erlangen-Nürnberg durchgeführt. Dessen offene Messstrecke ist in einen reflexionsarmen Raum integriert. Beide Sonden befinden sich außerhalb der Strömung.

Es zeigt sich jedoch, dass bereits geringe Sekundärströmungen im Raum das Schnellsignal der PU-Sonde verfälschen. Dies kann durch die Verwendung eines einfachen Windschutzes verhindert werden.

Wandmontierter Vierkant-Zylinder

Zur Untersuchung tonaler aeroakustischer Schallquellen wird ein wandmontierter Vierkant-Zylinder betrachtet. Die Seitenlänge beträgt 2 cm und die Zylinderhöhe 12 cm. Messungen werden für auf der Seitenlänge basierenden Reynolds-Zahlen von 13300 und 40000 durchgeführt (s. Abbildung 2). Die Grenzschichtdicken sind klein gegenüber der Zylinderhöhe (Verdrängungsdicke=0.61 mm bei $U_0=30$ m/s). Darstellungen des Strömungs- und des Schallfeldes erfolgten bereits an anderer Stelle [3].

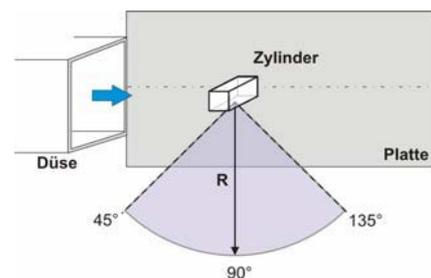


Abbildung 2: Messaufbau zur Bestimmung der Richtcharakteristik eines umströmten, wandmontierten Vierkant-Zylinders.

Die mittels PU-Sonde und einem Freifeld-Kondensatormikrofon bestimmten Schalldrücke sind nahezu identisch. Schallintensitäten, die mittels PU-Sonde und PP-Sonde bestimmt werden liefern eine gute Übereinstimmung, was zur Verifizierung der Kalibrierung führt (s. Abbildung 3).

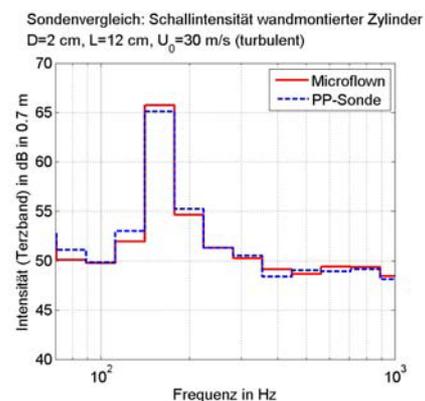


Abbildung 3: Vergleich der mittels PP-Sonde und PU-Sonde bestimmten Schallintensität am Beispiel eines umströmten, wandmontierten Vierkant-Zylinders (90°-Winkel).

Das Hauptinteresse liegt in der Bestimmung der Richtcharakteristik des umströmten Vierkant-Zylinders. Für die in Abbildung 2 dargestellten Winkel wird in einem Abstand von $R=0.7$ m jeweils der aktive Teil (Wirkanteil) der Schallintensität bestimmt. In Abbildung 4 zeigt sich die erwartete quer zur Anströmungsrichtung ausgerichtete Orientierung des Dipols. Dieser ist bei beiden Anströmungsgeschwindigkeiten leicht gegen die Strömungsrichtung geneigt.

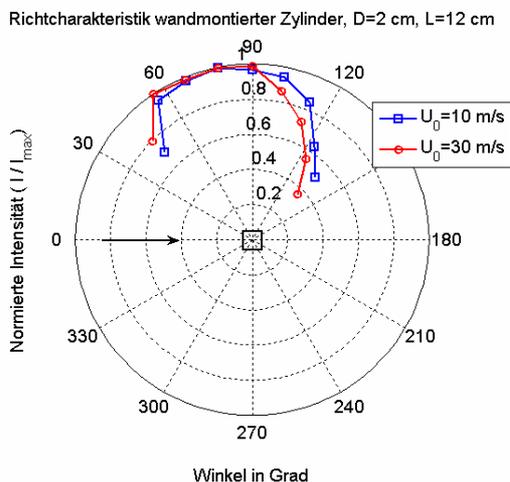


Abbildung 4: Richtcharakteristik eines umströmten, wandmontierten Vierkant-Zylinders in Ebene normal zur Zylinderlängsachse im Terzband des Hiebtones ($D=2$ cm, $L=12$ cm, $U_0=10$ m/s und $U_0=30$ m/s).

Vorwärtsspringende Stufe

Als Beispiel für eine breitbandige strömungsinduzierte Schallquelle wird eine überströmte, vorwärtsspringende Stufe behandelt. Wie in Abbildung 5 dargestellt, ist eine Stufe bündig an der Düse befestigt. Die Stufenhöhe beträgt 12 mm (Verdrängungsdicke der Grenzschicht 0.66 mm bei $U_0=30$ m/s). Das Strömungs- und Schallfeld wurde bereits in anderen Untersuchungen behandelt [3]. Die Stufe erzeugt bei einer auf der Stufenhöhe basierenden Reynoldszahl von 24000 breitbandigen Schall im Bereich von 1 kHz – 10 kHz.

Vergleiche der Schallintensitäten der beiden Sonden liefern auch für den breitbandigen Fall eine gute Übereinstimmung der Terzbandpegel.

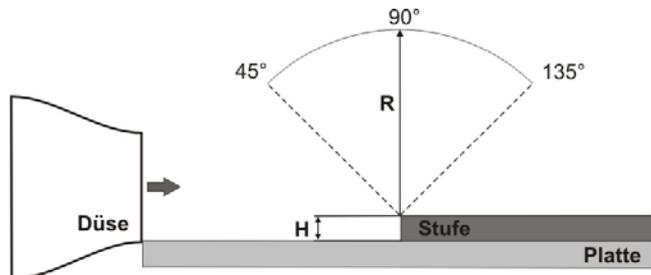


Abbildung 5: Messaufbau zur Bestimmung der Richtcharakteristik in der Mittelebene einer vorwärtsspringenden Stufe.

Wie in Abbildung 6 zu sehen, ist die Richtcharakteristik im 1 kHz – Oktavband der Stufe von einem relativen Minimum in Richtung 90° geprägt. Entsprechend stärker ist der strömungsinduzierte Schall parallel zur Strömungsrichtung ausgerichtet. Zum Vergleich ist die Richtcharakteristik eines in Strömungsrichtung orientierten Dipols eingezeichnet.

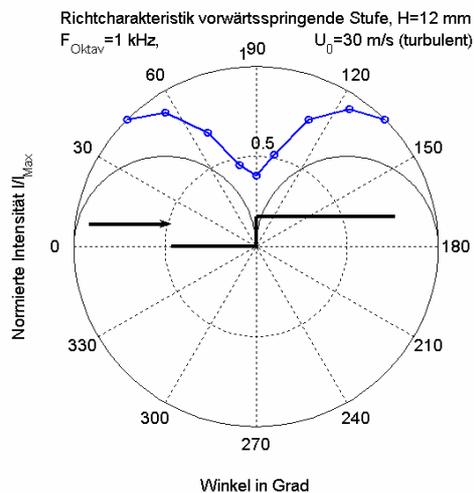


Abbildung 6: Richtcharakteristik einer überströmten, vorwärtsspringenden Stufe ($H=12$ mm, $U_0=30$ m/s).

Zusammenfassung

Die verwendete schnellebasierte Schallintensitätssonde ist gut für die Bestimmung der Schallintensität aeroakustischer Quellen geeignet. Nach der Verwendung eines Windschutzes für die außerhalb der Strömung platzierte Sonde ergibt sich eine gute Übereinstimmung zu den Vergleichsmessungen, die mittels einer rein druckbasierten Schallintensitätssonde durchgeführt werden.

Die Richtcharakteristik eines wandmontierten Vierkant-Zylinders in einer Ebene normal zu seiner Längsachse ergibt einen quer zur Anströmungsrichtung ausgerichteten Dipol, wie auch aus der Umströmung eines Kreiszyinders bekannt. Der Dipol ist jedoch leicht gegen die Strömungsrichtung verschoben.

Im Fall einer vorwärtsspringenden Stufe ergibt sich im Gegensatz dazu näherungsweise eine Richtcharakteristik, die einem in Strömungsrichtung orientierten Dipol entspricht.

Literatur

- [1] H. E. de Bree, The microflown E-Book, Microflown Technologies.
- [2] Manual PU-probe calibration – Short Standing Wave Tube Calibration Method, Microflown Technologies.
- [3] C. Hahn, M. Kaltenbacher, R. Lerch, S. Becker, und F. Durst. Influence of geometry on the generation of aeroacoustic noise. In Proceedings of ISMA 2006, pages 619-631, 2006. CD-ROM-Proceedings, Leuven, Belgien, 18.-20.09. 2006.