

Numerische und experimentelle Untersuchung aeroakustischer Quellgrößen (am Beispiel der turbulenten Umströmung einer ebenen, dünnen Platte)

Nikolai Kalitzin und Andreas Zeibig

Institut für Akustik und Sprachkommunikation, TU Dresden, 01062 Dresden

Einleitung

SWING+ (Simulation of Wingflow Noise Generation) ist ein von der DFG und vom BMBF gefördertes Verbundprojekt zwischen verschiedenen Universitäten und der DLR, welches die Entwicklung numerischer Verfahren zur Vorhersage des aerodynamisch erzeugten Schalls an umströmten Flugzeugbauteilen zum Ziel hat. Im Mittelpunkt steht dabei die Untersuchung des Umwandlungsmechanismus kinetischer Turbulenzenergie in Schallenergie durch die Wechselwirkung von Wirbelstrukturen mit Kanten fester Körper. Dazu gehört die Schallabstrahlung turbulent überströmter Hinter- und Seitenkanten, welches insbesondere im Landeanflug von Flugzeugen eine dominante Schallquelle darstellt.

Für eine direkte numerische Simulation der Schallerzeugung in komplexen Strömungen reichen die derzeit verfügbaren Rechenkapazitäten allerdings bei weitem noch nicht aus. Deshalb wird ein mehrstufiger Lösungsalgorithmus verfolgt.

Mit einem vom DLR Braunschweig entwickelten CAA-Code werden dann die linearisierten Eulergleichungen mit dem implementierten Quellterm gelöst. Die für die Rechnung benötigte Grundströmung wird aus der RANS-Rechnung übernommen.

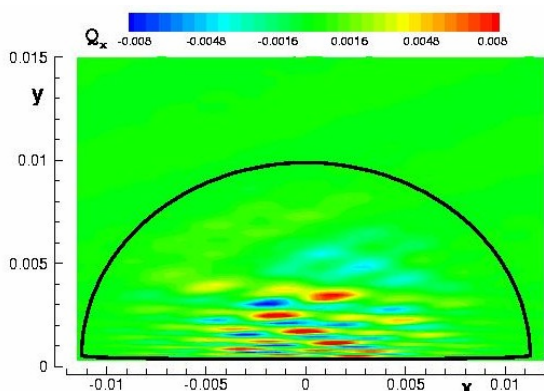


Abb. 1: SNGR-Quellterm für den Self-Noise in Strömungsrichtung

Stochastische Modellierung der Quellterme

Im ersten Schritt liefert ein vom DLR Braunschweig zur Verfügung gestellter RANS-Löser gemittelte Strömungs- und Turbulenzdaten für die zunächst als Testfall untersuchte umströmte ebene Platte. In einem zweiten Schritt wird aus den Turbulenzdaten der RANS – Rechnung mit dem in Frankreich entwickelten stochastischen Lärmgenerierungs- und -Abstrahlungsmodell (SNGR) (siehe [Bai1],[Kal1]) ein akustischer Quellterm für die linearisierten Eulergleichungen generiert.

Dieser Quellterm setzt sich aus verschiedenen Summanden zusammen, wobei die wichtigsten den sogenannten Self-Noise, also die Wechselwirkung der Turbulenz mit sich selbst, und den Shear-Noise, also die Wechselwirkung der Turbulenz mit dem Gradienten der mittleren Strömung beschreiben.

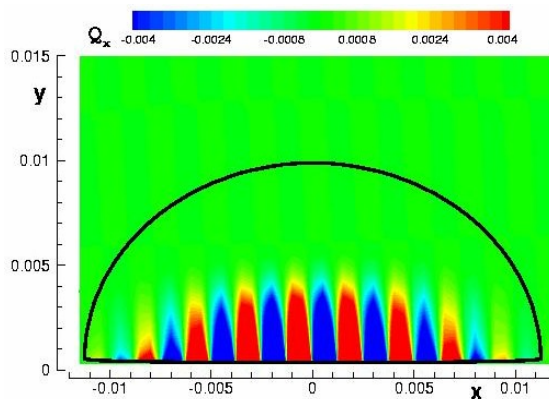


Abb. 2: SNGR-Quellterm für den Shear-Noise in Strömungsrichtung

Beispielrechnungen

In den Abbildungen 1 und 2 sind beispielhaft die Quellterme in x-Richtung (Strömungsrichtung) für Self-Noise und Shear-Noise dargestellt. Für die Berechnung der Quellterme im Beispiel wurden nur die kürzesten 3 Turbulenzmoden (im Falle des Shear-Noise nur 1 Turbulenzmode) eines von-Karman-Turbulenzspektrums verwendet. In den Abbildungen 3 und 4 sieht man die korrespondierenden Ergebnisse für den Schalldruck im nahen Fernfeld.

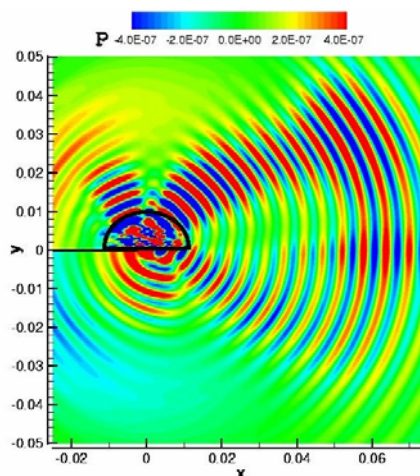


Abb. 3: Schalldruck im nahen Fernfeld, Self-Noise

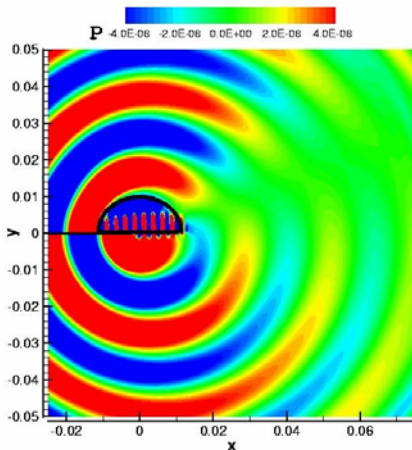


Abb. 4: Schalldruck im nahen Fernfeld, Shear-Noise

Messtechnische Untersuchungen

Zur Validierung der RANS-Daten erfolgen Messungen mit Hitzdrahttechnik im aeroakustischen Windkanal des IAS [Kal2]. Durch umfangreiche Voruntersuchungen wurde die vorhandene Hitzdrahtmesstechnik optimal auf diese experimentelle Aufgabe [Bau1] abgestimmt. Darauf aufbauend wurden Messungen unter Verwendung von 1D- und 3D-Hitzdrahttechnik in der Grenzschicht und im Nachlauf der Platte durchgeführt.

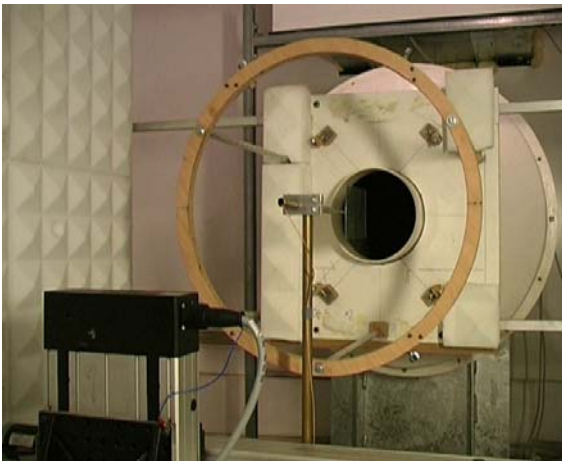


Abb. 5: Hitzdrahtmessungen im Nachlauf der ebenen Platte im IAS

Abb. 5 zeigt die im Windkanal eingespannte ebene Platte, sowie die Traversiereinrichtung für die Hitzdrahtsonden. Als Plattenmaterial wurde Edelstahl gewählt, die Abmessungen der Platte sind: Länge x Breite x Dicke = 0,2m x 0,1m x 0,0003m. In Abb. 6 sind Ergebnisse der 1D-Messungen im Nachlauf der ebenen Platte in der Ebene $z/h=0,5$ für Abstände von 1 bis 10mm zur Plattenhinterkante zu sehen. Die Plattenmitte befindet sich bei $y=0$.

Außerdem erfolgt eine Validierung der CAA-Rechnungen durch experimentelle Schallquellenortung mit Hilfe eines Mikrofonarrays. Diese Schallquellenortung wurde bisher durch den Projektpartner IAG Stuttgart durchgeführt [Os1], mittlerweile befindet sich am IAS ein eigenes Mikrofonarray im Aufbau.

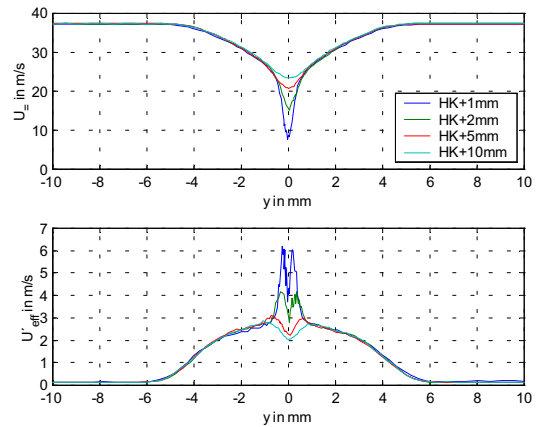


Abb. 6: Ergebnisse der Hitzdrahtmessungen im Nachlauf der ebenen Platte für Abstände zur Hinterkante der Platte von 1...10mm

Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des SWING-Projektes soll die Schallabstrahlung an umströmten Flugzeugbauteilen untersucht werden. Am IAS wird dabei der gesamte Vorgang der Schallabstrahlung zur einfacheren und schnelleren Berechnung in Teilprobleme zerlegt. Dabei wird zuerst mit RANS die Strömungsdaten ermittelt. Mit diesen wird ein SNGR-Quellenmodell generiert, welches, in den CAA-Code eingesetzt, die eigentliche Schallabstrahlung liefert.

Die numerischen Berechnungen werden mit Hitzdrahtmesstechnik und Mikrofonarrays validiert.

Nachdem das Konzept am Beispiel der ebenen Platte erfolgreich getestet wurde, erfolgt der Übergang zu einem realitätsnahen Tragflügel- bzw. Klappenprofil.

Literatur

- [Bau1] BAUER, M.: *Hitzdrahtmessungen im aeroakustischen Windkanal des Institutes für Akustik und Sprachkommunikation*. Studienarbeit. Technische Universität Dresden, Institut für Akustik und Sprachkommunikation, September 2001
- [Bai1] BAILLY, C. und JUVÉ, D.: *A Stochastic Approach To Compute Subsonic Noise Using Linearized Euler's Equations*. AIAA--Paper 99-1872, 1999
- [Kal1] KALITZIN, N und WILDE, A.: *Stochastic modelling of turbulence in CAA-simulations of airframe noise*. Vortrag auf dem 2. SWING Workshop, am Institut für Entwurfsaerodynamik des DLR Braunschweig, Braunschweig, 6-7.10.2000
- [Kal2] KALITZIN, N.; ZEIBIG, A.: *Strömungsakustische Untersuchungen im aeroakustischen Windkanal der TU Dresden*. Fortschritte der Akustik - DAGA 2001. Bad Honnef. DPG-GmbH, 2001
- [Os1] OSTERTAG, J. S. D, GUIDATI, S., GUIDATI, G., WAGNER, S., WILDE, A. und KALITZIN, N.: *Prediction and Measurement of Airframe Noise on a Generic Body*. 6th AIAA/CEAS Aeroacoustic Conference, 12-14 June 2000 Lahaina, Hawaii, AIAA 2000-2063