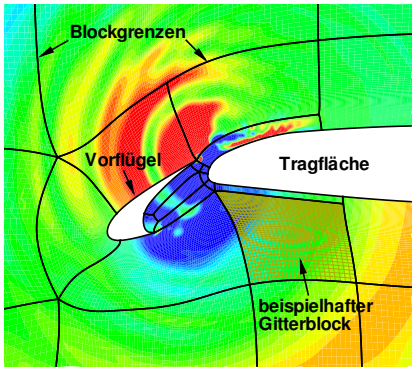
Vorausberechnung von Umströmungslärm mit der Diskontinuierlichen Galerkin Methode

Marcus Bauer

Einleitung

Umströmungslärm ist eine bedeutende Lärmquelle beim Landeanflug von Verkehrsflugzeugen.

Das folgende Bild zeigt einen Ausschnitt einer zweidimensionalen (2D) Berechnung von Umströmungslärm am ausgefahrenen Vorflügel einer Tragfläche [1]. Die Turbulenz als Schallquelle wurde in [1] mit Hilfe der neuartigen Random Particle-Mesh (RPM) Methode stochastisch modelliert, dadurch konnte eine sehr geringe Rechenzeit verwirklicht werden. Die räumliche Diskretisierung erfolgte allerdings durch Standard-Finite-Differenzen, so dass ein aufwändiges, blockstrukturiertes Gitter nötig war.



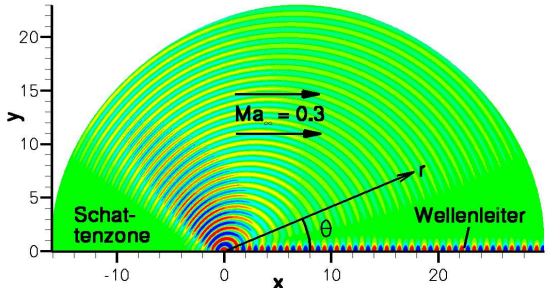
In dieser Arbeit ist stattdessen die Verwendung eines flexiblen, unstrukturierten Dreiecksgitters vorgesehen, auf dem die räumliche Diskretisierung mit der robusten Diskontinuierlichen Galerkin (DG) Methode erfolgen soll. Dies ist eine besondere Finite Elemente Methode, bei der die Lösung an den Elementgrenzen unstetig bzw. diskontinuierlich sein darf. Ihre angestrebte Kombination mit dem RPM-Ansatz ist neu.
Das konkrete Ziel der Arbeit ist ebenfalls die 2D Vorausberechnung des Umströmungslärms eines Vorflügels.

Methode

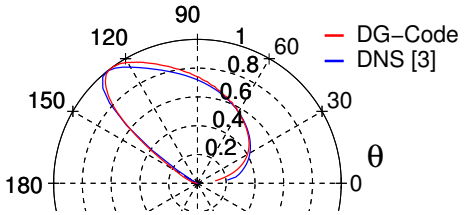
Die hier bisher speziell verwendete DG Methode orientiert sich an [2]. Als räumliche Formfunktionen werden demnach Lagrange-Polynome verwendet, und die Zeitintegration erfolgt durch ein explizites Runge-Kutta Verfahren.

Beispielhaftes Ergebnis

- Testfall: Monopol in laminarer Grenzschicht
- Ziel: Verifizierung der DG-Diskretisierung nach [2] für den wichtigen Fall des Schalldurchganges durch eine Scherschicht
- Gitter: 18.136 Dreiecke, Grenzschicht: $0 < y < 1$
- DG-Rechnung mit eigenem Fortran-Code:



- Verifizierung Richtcharakteristik (entlang $r = 15$):



minimale Abweichung gegenüber [3] vermutlich nur aufgrund anderer Modellierung des Monopols

- Fazit: spezielle DG-Diskretisierung beschreibt Schalldurchgang durch Scherschicht korrekt

Ausblick

Bevor mit dem DG-Code Vorflügellärm berechnet werden kann, muss er noch mit dem RPM-Modell kombiniert werden. Das soll zunächst vereinfachend anhand der 2D Simulation des Hinterkantenlärms einer dünnen, ebenen Platte geschehen.

[1] EWERT, R.: Broadband Slat Noise Prediction based on CAA and Stochastic Sound Sources from a Fast Random Particle-Mesh (RPM) Method. *Computers and Fluids*, Vol. 37, Issue 4, pp. 369-387, 2008

[2] EHRENFRIED, K., MEYER, C. & DILLMANN, A.: Simulation of Sound Propagation in Boundary Layers based on Möhring's Acoustic Analogy. AIAA-Paper 2003-3272, 2003

[3] SUZUKI, T. & LELE, S. K.: Green's Functions for a Source in a Boundary Layer: Direct Waves, Channelled Waves and Diffracted Waves. *Journal of Fl. Mech.*, Vol. 477, pp. 129-173, 2003