

## Numerische Studien zu strömungsinduzierten Lärm von Außenspiegelgeometrien

T. Grahs, F. Decker, A. Gitt-Gehrke, M. Kirchner

Volkswagen AG, Berechnungsmethoden, Postfach 1697, 38436 Wolfsburg, Deutschland, Email: thorsten.grahs@volkswagen.de

### Einleitung

Die Untersuchung von strömungsinduzierten Lärm, hervorgerufen durch Anbauteile (Außenspiegel, Wasserfangeleisten, Scheibenwischer, Schiebedächern,...) spielt eine immer größer werdende Rolle in der Fahrzeugentwicklung. Da späte konstruktive und versuchstechnische Maßnahmen an Prototypen sehr teuer sind, rückt die Berechnung dieses Themenkomplexes in einen zunehmend stärker werdenden Fokus.

Ein Problem bei dem Vergleich zwischen Berechnung und Experiment besteht hier darin, daß Lärmpegelmessungen verständlicherweise im Fahrzeug vorgenommen werden, die Nahfeld-Berechnung aus der Strömungslösung aber die Lärmentwicklung/Wirbelgenerierung außerhalb, d.h. im Nachlauf des Spiegels an der Seitenscheibe, simuliert. Zur Validierung entsprechend rechenintensiver Strömungssimulationen (transient mit aufwendiger Turbulenzmodellierung) sind von uns deshalb intensive Messungen im AUDI-Aeroakustikwindkanal in Ingolstadt aufgenommen worden (siehe Abb. 1).



Abbildung 1: Messungen a.d. Seitenscheibe des VW Passats

### Druckmessungen

Zur direkten Validierung der Strömungsmessungen mit den Messdaten sind u. a. Druckmessungen außerhalb des Fahrzeuges vorgenommen worden. Dazu ist eine Plexiglasscheibe aus dem Konstruktionsdatensatz der vorderen Fahrzeugseitenscheibe auf der Fahrerseite gefertigt worden. In diese sind 10 Druckaufnehmer plan eingesetzt und entsprechend abgedichtet. Die Positionen der Messpunkte sind in Abbildung 2 des Simulationsgebiets dargestellt.

Betrachten wir den relevanten Geschwindigkeitsbereich, dann können wir von einer inkompressiblen Strömung ausgehen. Die Intensität der Lärmquellen (Dipole, Quadrupole) lassen sich folgendermaßen abschätzen:

$$I_D \approx \rho u^6 c^{-3} l^2, \quad (1)$$

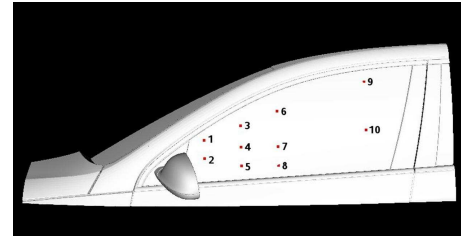


Abbildung 2: Positionen der Messpunkte

$$I_Q \approx \rho u^8 c^{-5} l^2. \quad (2)$$

Vergleicht man (1) und (2) für eine typische Geschwindigkeit von z.B. 120 km, so gilt

$$\frac{I_Q}{I_D} \sim \left(\frac{u}{c}\right)^2 \approx 0.01. \quad (3)$$

Ergo betrachten wir als relevante Lärmquellen die Dipole, d.h. die Druckschwankungen auf der Seitenscheibe.

### Simulation

Betrachtet wird ein Teilmodell (siehe Abb. 3). Die Randbedingungen wurden einer Gesamtfahrzeugsimulation entnommen und auf die Ränder interpoliert. Untersucht

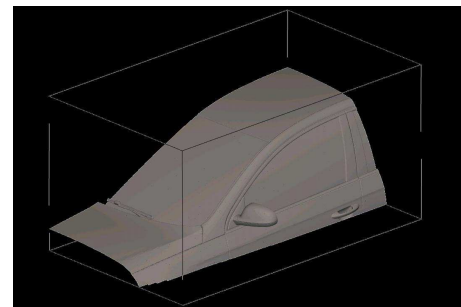


Abbildung 3: Simulationsgebiet

wurden folgende Turbulenzmodelle:

- Detached Eddy Simulation (DES) [1]
- Large Eddy Simulation (LES) z.B. [2]
- Scale Adaptive Simulation (SAS) [3]

Hierbei wurden jeweils eine Rechnung für das entsprechende Turbulenzmodell mit 20.000 Zeitschritten (LES auch 40.000) mit  $\Delta t = 1.e - 05s$ , d.h. 0.2s auf 32 CPUs durchgeführt. In den Abbildung 4 und 5 ist jeweils das mittlere Geschwindigkeitsfeld und der Lärmpegel an der Fahrzeugoberfläche dargestellt. Als Lärmquellen, d.h. Gebiete der Interaktion der abgelösten Wirbel mit der Fahrzeugstruktur, lassen sich Spiegelfuß, -dreieck, B-Säule und Türgriff identifizieren.

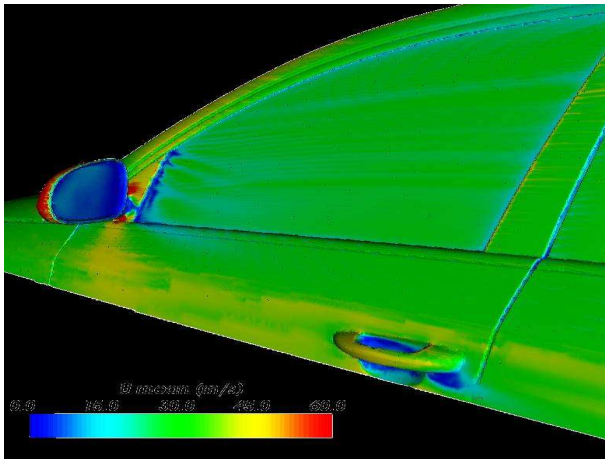


Abbildung 4: Mittlere Geschwindigkeit

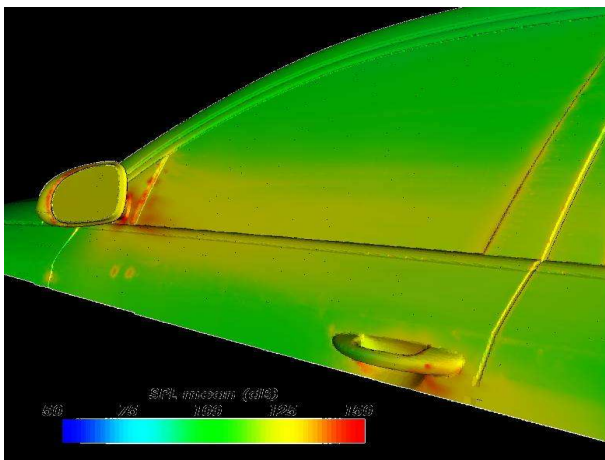


Abbildung 5: Sound Pressure Level (SPL)

### Diskrete SPL-Spektren vs. Messungen

Exemplarisch für die zehn Monitorpunkte werden die diskreten SPL-Spektren für zwei Monitorpunkte – Punkt 2 und Punkt 9 – verglichen. Im Allgemeinen (siehe Abb. 6) ergibt sich eine recht gute Übereinstimmung für die LES-Rechnung (grün 20.000, blau 40.000 Zeitschritte) bis 1.5 kHz. DES- (violett) und SAS-Rechnung (rot) schneiden dabei eher mäßig ab. Allerdings ist das Rechenggebiet an der Seitenscheibe und im Nachlauf des Spiegels so fein diskretisiert, daß sich die Vorteile hybrider Turbulenzmodellierung nicht herausarbeiten lassen. Auch von der Genauigkeit her, ist man hier an einer LES-Rechnung interessiert.

Für den Punkt 9 (Abb. 7) sieht man deutlich, daß alle Berechnungen stark von den Messergebnissen abweichen. Dies liegt an dem Fehlen des Herausbildens des A-Säulenwirbel innerhalb der Simulation, was dazu führt, das dieser physikalische Effekt nicht berücksichtigt ist. Dieses Verhalten gilt für alle Monitorpunkte nahe der A-Säule, dh. 1, 3, 6 und 9.

### Fazit

Die Übereinstimmung der Simulation mit den Messwerten mit der Simulation war für die meisten Messpunkte

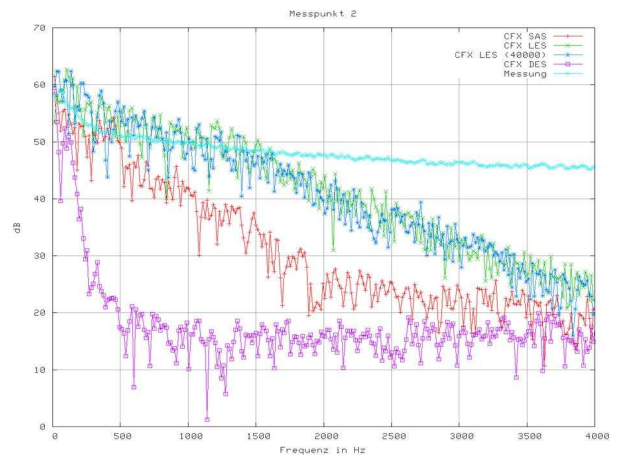


Abbildung 6: Simulation vs Messung - Messpunkt 2

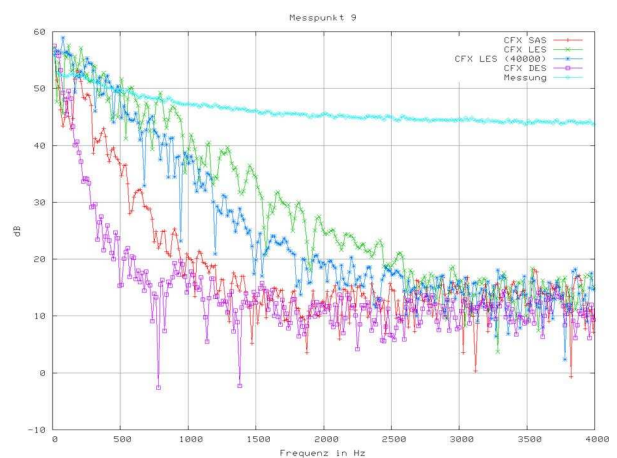


Abbildung 7: Simulation vs. Messung - Messpunkt 9

bis 1.5kHz gut, für die Messpunkte nahe der A-Säule unbefriedigend.

Abhilfe verspricht eine grösseres Simulationsgebiet, Mapping der Randbedingungen aus einer besseren Gesamtfahrzeugsimulation und eine kleinere Wahl des Zeitschrittes. Positiv was die prinzipielle Möglichkeit der Einsatzes von LES-Rechnungen in den Entwicklungsprozess bezüglich der Bewertung von Geometrien innerhalb von Tagen bei adäquaten Set up.

### Literatur

- [1] Spalart, P.R., Jou, W.-H., Strelets, M., Allmaras, S.R.: Comments on the feasibility of LES for Wings, and on a hybrid RANS/LES approach. In Advances in DNS/LES, ed. C. Lui and Z. Lui, Greyden 1997.
- [2] Wilcox, D.C.: Turbulence Modelling for CFD, 2nd ed., 2004.
- [3] Menter, F.R., Kuntz, M., Bender, R. : A scale-adaptive simulation model for turbulent flow predictions, AIAA 2003-0767, 2003.