

# Hybride Akustiksimulation eines generischen Lamellen- ausströmers für Klimatisierungsanlagen in Kraftfahrzeugen



Dipl.-Ing. Konstantin Leistner, Prof. Dr. D. Gaudlitz

## Zielstellung

- Konstruktion: generisches CAD-Referenzmodell
- Erarbeiten eines CFD-Setups zur hybriden Berechnung des akustischen Druckfeldes
- Validierung der ermittelten Ergebnisse durch Messungen
- Bewertung des Einflusses der Anstellwinkel der Lamellen und Schlussfolgerung auf konstruktive Verbesserungskonzepte

## Untersuchungsmethoden

- Instationäre, inkompressible 3d-Strömungssimulationen mit Star-CCM+ und implementiertem APE-Solver
- LES Simulation mit WALE subgrid scale Turbulenzmodell
- Hexaederdominante Rechengitter mit lokalen Verfeinerungszonen und optimierter Auflösung der Grenzschicht- und Nachlaufbereiche

## Setup-Validierung

- Simulation der Ausströmung bei  $\dot{m}_L=90$  kg/h für Anstellwinkel der Horizontallamellen  $\alpha = \{0^\circ; 24^\circ; 48^\circ\}$  und der Vertikallamellen  $\beta = \{0^\circ; 18^\circ; 36^\circ\}$
- Gleiche Messposition (jeweils 12 cm stromabwärts und 12 cm lateral) in Simulation und Versuch

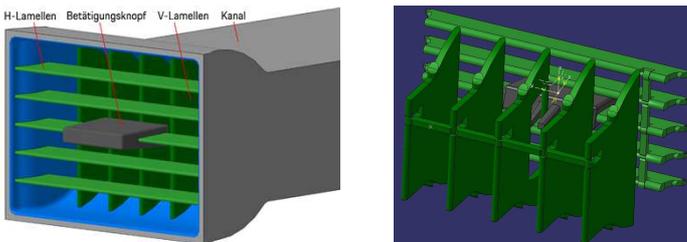


Abb. 1: Generisches CAD-Modell bei Neutralstellung (links) und Realgeometrie (rechts)

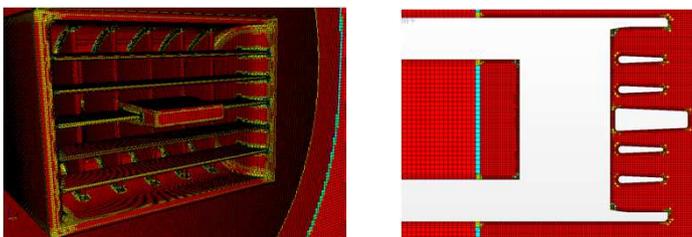


Abb. 2: Vernetzung mit hexaederdominantem Rechengitter (ca. 60 Mio. Zellen)

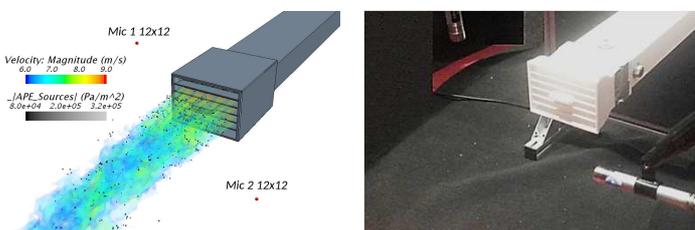


Abb. 3: Simuliertes 3D-Geschwindigkeitsfeld mit berechneten APE-Quelltermen (links) und Validierungsmessung im Akustiklabor (rechts)

## Einfluss der Lamellenanstellwinkel

- Feine Auflösung des Strömungsfelds bei sehr feiner zeitlicher Diskretisierung erforderlich
- Übertragung des akustischen Drucks auf gleichem Rechengitter ausgehend von den berechneten Quelltermen
- Zusätzliche akustische Druckschwankungen an angeströmten Oberflächen
- Auswertung des Schalldruckverlaufs als Schmalbandanalyse (Transformation über FFT)

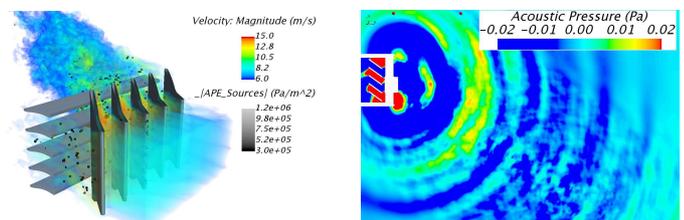


Abb. 5: Geschwindigkeitsfeld mit 75% der größten APE-Quelltermen (links) und akustischer Druck in der xy-Ebene (rechts) für  $\beta = 36^\circ$

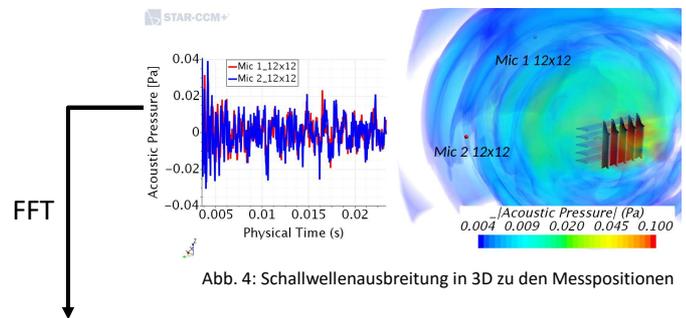


Abb. 4: Schallwellenausbreitung in 3D zu den Messpositionen

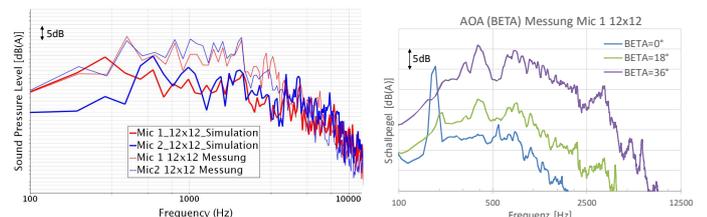


Abb. 6: Frequenzspektrum für  $\beta = 36^\circ$  (links) und Frequenzspektrum aus der Messung für  $\beta = \{0^\circ; 18^\circ; 36^\circ\}$  (rechts)

## Zusammenfassung

- Ergebnisse aus der hybriden Akustiksimulation sind mit Messdaten validierbar
- Auflösungen feinskaliger Wirbelstrukturen können akustischen Quelltermen zugeordnet werden
- Markante akustische Einflussquellen: angeströmte Lamellenkanten, enge Strömungsquerschnitte in Wandnähe, Bedienknopf als stumpfer Körper
- Grundverlauf des Rauschens ist proportional zur kinetischen Energie der Wirbel im Nachlaufgebiet
- Hochfrequente Peaks als Folge akustischer Dipolschwingungen an den Lamellenoberflächen