

Akustische Windkanalmessungen an generischen Geometrien

Benjamin Basel¹, Alexander Kolb, Michael Grünewald

¹ EADS Konzernforschung, 81663 München, Email: Benjamin.Basel@eads.net

Einleitung

Die Erforschung der Schallausbreitung sowie der Quellentstehungsmechanismen in Strömungen ist eines der fundamentalen Probleme der Aeroakustik. Im Rahmen des Forschungsverbunds ‚Leiser Verkehr‘, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, wurden innerhalb des Teilprojekts ‚Akustische Simulationen‘ Windkanalmessungen an generischen Geometrien durchgeführt. Hierbei wurden aerodynamische Hitzdrahtmessungen des Grenzschichtprofils, akustische Fern- und Oberflächenmessungen sowie akustische Array-Messungen an verschiedenen vorwärtsgeneigten Stufengeometrien und an einem Hohlraum durchgeführt. Ziel der Messungen ist es, den Einfluss der Geometrien sowie der Anströmgeschwindigkeit zu untersuchen. Die Messungen dienen zur Validierung der numerischen Simulationen im Rahmen des Teilprojekts.

Geometrien

Es sind drei vorwärtsgeneigte Stufengeometrien aus Abbildung 1 mit der Stufenhöhen $H=12\text{mm}$ vermessen, davon eine scharfkantige Stufe und zwei abgerundete Stufen mit einem Rundungsradius von jeweils $R=H$ und $R=H/2$.



Abbildung 1: Stufengeometrien mit unterschiedlichen Krümmungsradien $R=0$ (---) und $R=H$ (—)

Die Hohlraumgeometrie aus Abbildung 2 ist vergleichbar mit den Hohlraumabmessungen aus Henderson [1].

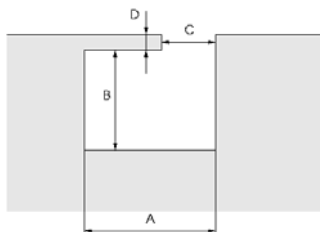


Abbildung 2: Abmessungen der Hohlraumgeometrie, $A=15.9\text{mm}$, $B=24.7\text{mm}$, $C=8.76\text{mm}$, $D=3\text{mm}$

Winkelmessungen

Die Windkanalmessungen wurden im Akustischen Windkanal Braunschweig (AWB) bei Geschwindigkeiten von $u=30, 40, 50$ und 60m/s durchgeführt. Zur Messung der Oberflächendrücke wurden auf der Plattenoberfläche fünf

Mikrophone asymmetrisch angeordnet. Die Messung der Fernfeldsignale wurde mit sechs Mikrophone in einem Abstand von $R=2\text{m}$ und Winkelschritten von $\phi=15^\circ$ durchgeführt (siehe Abbildung 3).

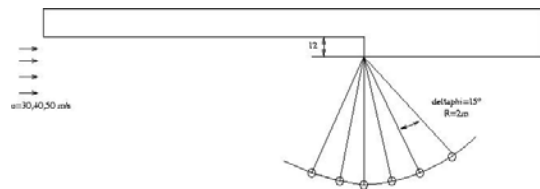


Abbildung 3: Fernfeldmessung an der Stufe, Mikrophone werden mit $R=2\text{m}$ und $\phi=15^\circ$ angeordnet

Zur Lokalisierung der Schallquellen wurde ein Kreuz-Array mit 32 Mikrophen eingesetzt. Der Abstand des Array-Zentrums zur Kante der Treppenstufe bzw. zur Lippe des Hohlraums beträgt $z=1.2\text{m}$. Mit dem verwendete Array kann man Quellen im Frequenzbereich von $f=212\text{Hz}$ bis $f=3400\text{Hz}$ lokalisieren. Das Array wurde außerhalb der Strömung positioniert. Dadurch wird der Strahl an der sogenannten Scherschicht gebrochen. Dieser dreidimensionale Effekt beeinflusst Phase sowie Amplitude eines Signal und wird durch die Lösung eines nichtlinearen Gleichungssystems berücksichtigt. Hierbei wird die Scherschicht als unendlich dünn angenommen (Amiet [2]). Der Geschwindigkeitsverlauf wird durch die Kanalgeometrie sowie der inkompressiblen Kontinuitätsgleichung berechnet.

Messergebnisse

Stufengeometrien Die Abstrahlcharakteristik der Treppenstufen (Abbildung 4 und 5) zeigt einen realistischen Verlauf des Breitbandlärms. Die Erhöhung der Geschwindigkeit verursacht einen starken Anstieg des Schallpegels im Fernfeld.

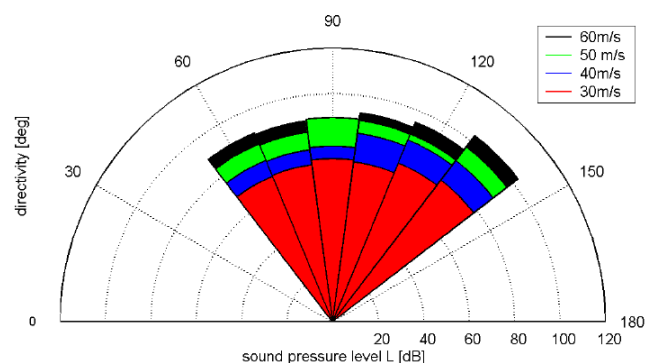


Abbildung 4: Fernfeldrichtcharakteristik der scharfkantigen Stufe bei unterschiedlichen Anströmgeschwindigkeiten, Schallpegel ausgewertet ab 500Hz

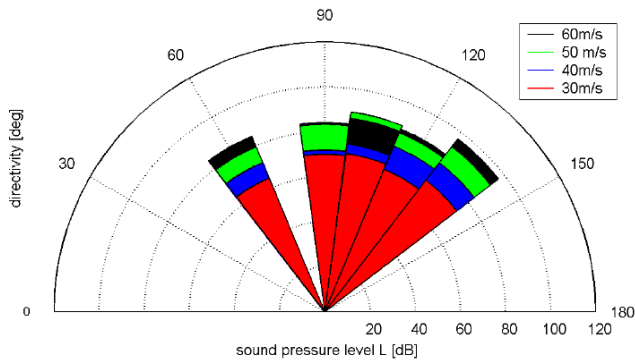


Abbildung 5: Fernfeldrichtcharakteristik der abgerundeten Stufe bei unterschiedlichen Anströmgeschwindigkeiten, Schallpegel ausgewertet ab 500Hz, zweites Mikrofon defekt

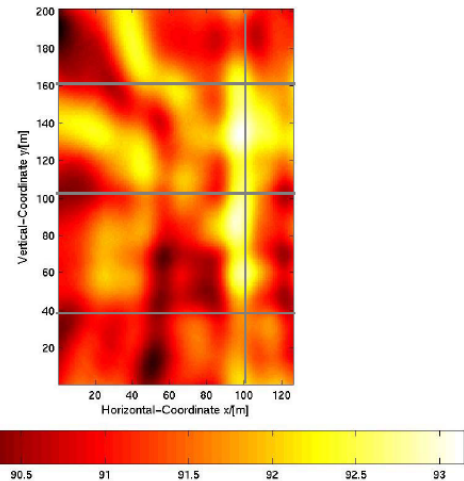


Abbildung 8: Quelllokalisierung am Hohlraum, Anströmgeschwindigkeit 60 m/s, klassisches Beam-Forming, Hohlraumposition bei $x=100\text{cm}$, $40\text{cm} < y < 160\text{cm}$

In Abbildung 6 kann gezeigt werden, dass der Schallpegel gegenüber der Anströmgeschwindigkeit mit der sechsten Potenz ansteigt

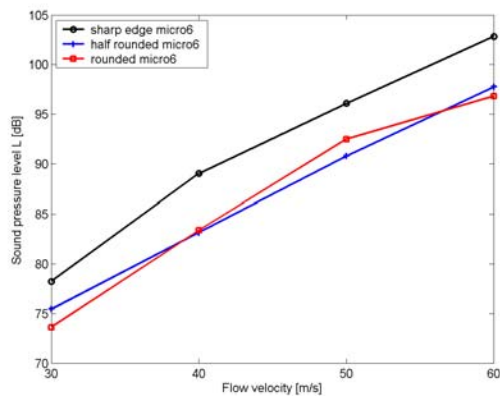


Abbildung 6: Schallpegel in Abhängigkeit der Stufegeometrie und der Geschwindigkeit an einem Fernfeldmikrofon

Hohlraum Der Hohlraum zeigt die aus der analytischen Lösung ermittelten Resonanzfrequenzen (siehe Henderson [1]) bei den unterschiedlichen Anströmgeschwindigkeiten.

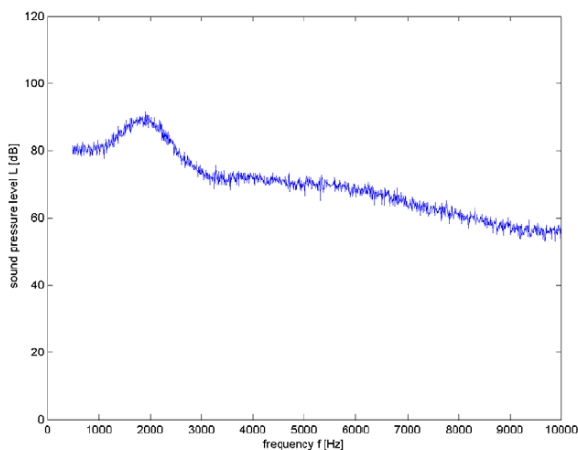


Abbildung 7: Gemittelte Schmalbandspektrum am Boden des Hohlraums bei der Anströmgeschwindigkeit von $u=60\text{ m/s}$

Abbildung 8 zeigt bei einer Anströmgeschwindigkeit von $u=60\text{ m/s}$ die lokalisierten Schallquellen entlang der Hohlraumöffnung.

Zusammenfassung

Die Auswertung der Messergebnisse an den Treppenstufen zeigt eine deutliche Reduzierung des Schallpegels durch die Kantenabrundung. Eine komplette Abrundung der Kante zeigt eine Reduzierung des Schallpegels um 6dB.

Die Abstrahlcharakteristik der Treppenstufe zeigt eine starke Erhöhung der Amplitude bei Erhöhung der Geschwindigkeit. Es konnte gezeigt werden, dass die Amplitude mit der sechsten Potenz ansteigt

Die analytisch ermittelten Resonanzfrequenzen des Hohlraums konnten bei der Messung nachgewiesen werden

Die Lokalisierung der Schallquellen am Hohlraum zeigt realistische Ergebnisse. Es zeigte sich, dass die Strömung einen starken Einfluss auf die Phase hat. Der Einfluss auf die Amplitude kann nahezu vernachlässigt werden. Bei der Lokalisierung der Schallquellen an den Treppenstufen konnten keine realistischen Ergebnisse erzielt werden. Das klassische Beam Forming konnte bei der Lokalisierung von Breitbandlärm nicht eingesetzt werden.

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderzeichen 19U1074B „Forschungsverbund „Leiser Verkehr““ gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Literatur

- [1] B. Henderson, Automobile Noise Involving Feedback-Sound Generation By Low Speed Cavity Flows, NASA/CP-2000-209790
- [2] R. K. Amiet, Refraction Of Sound By A Shear Layer, Journal of Sound and Vibration(1978) 58(4),467-482