

# Experimentelle Analyse der aeroakustischen Schallentstehung an Zylinder-Profil-Anordnungen

J. Giesler, E. Sarradj

Brandenburgische Technische Universität, Juniorprofessur Aeroakustik, Cottbus

Email: jens.giesler@tu-cottbus.de / ennes.sarradj@tu-cottbus.de

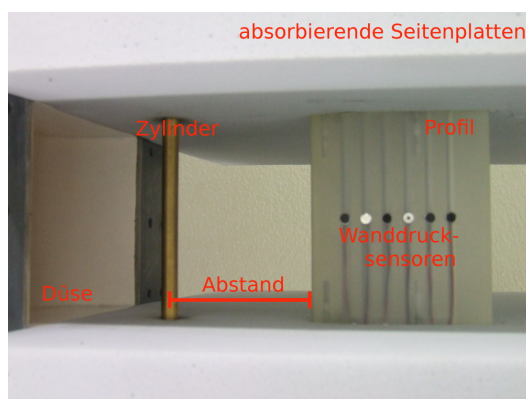
## Einleitung

An turbulent umströmten Profilen kommt es zur Schallentstehung an der Vorder- und Hinterkante des Profils. Häufig ist dabei die Schallentstehung an der Vorderkante, die durch Interaktion der Zuströmturbulenz mit der Oberfläche des Profils verursacht wird, dominant. Der Einfluss der Parameter wie der turbulenten Zuströmung und der Profilgeometrie auf die Schallentstehung ist weitgehend ungeklärt. Die wenigen vorhandenen experimentellen Untersuchungen variierten nur selten die Turbulenz der Anströmung.

Der Beitrag präsentiert experimentelle Untersuchungen des durch turbulente Zuströmung generierten Schalls an Zylinder-Profil-Anordnungen. Der Einfluss von verschiedenen Parametern auf die Schallentstehung wird diskutiert.

## Experimente

Die Versuche wurden an der in Abbildung 1 gezeigten Zylinder-Profil-Konfiguration im aeroakustischen Freistrah-Windkanal der BTU Cottbus durchgeführt [1]. Die maximale Dicke des Profils, der Zylinderdurchmesser sowie der Abstand zwischen dem Zylindermittelpunkt und der Profilverkante wurden innerhalb der Messkampagne variiert. Es wurden nacheinander zwei NACA 0012-Profile mit einer maximalen Dicke von 12 mm und ein NACA 0018-Profil mit einer maximalen Dicke von 18 mm eingesetzt. Die Sehnenlänge der Tragflügelprofile beträgt 100 mm. Die fünf getesteten Zylinder besitzen alle einen kreisrunden Querschnitt und Durchmesser von 5 mm bis 16 mm. Der Abstand wurde zwischen 86 mm und 124 mm in fünf Schritten variiert.



**Abbildung 1:** Zylinder-Profil-Konfiguration im aeroakustischen Windkanal der BTU Cottbus.

Um eine möglichst gleichmäßige Anströmung entlang

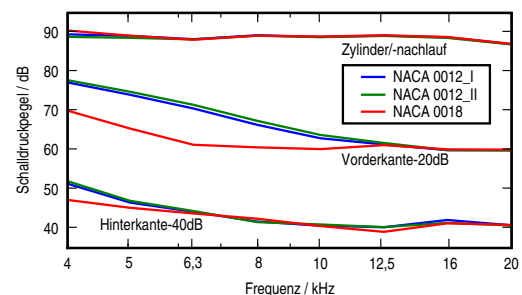
der Spannweite zu gewährleisten wurde die Zylinder-Profil-Anordnung zwischen zwei parallelen Seitenplatten montiert, die wandbündig an dem Austritt der Windkanaldüse befestigt sind. Zur Vermeidung von Schallreflexionen und zur Verminderung von Störgeräuschen an den hinteren Kanten der Seitenplatten wurden die Platten mit schallabsorbierenden Matten beklebt.

Die Schallentstehung wurde für alle 75 Konfigurationen der Zylinder-Profil-Anordnung für 27 Freistrahlgeschwindigkeiten zwischen 26 m/s und 72 m/s mit einem Mikrofonarray ermittelt. Das Array besteht aus 38 Mikrofonen und war 72 cm oberhalb der Zylinder-Profil-Ebene montiert. Durch Auswertung der Mikrofonarraymessdaten mit erweiterten Beamforming-Verfahren wurden die drei Schallquellen (Zylinder/-nachlauf, Profilverkante und Profilhinterkante) getrennt voneinander analysiert [2].

## Ergebnisse

### Einfluss der Profildicke

Der Einfluss der maximalen Profildicke auf die Schallentstehung am Zylinder/-nachlauf, an der Profilverkante und Profilhinterkante wird exemplarisch für die Zylinder-Profil-Konfigurationen mit 5 mm Zylinderdurchmesser und 124 mm Abstand für die Anströmungsgeschwindigkeit von 72 m/s analysiert. In Abbildung 2 sind die Terz-



**Abbildung 2:** Terzspektren des Schalldruckpegels für die drei Schallquellen in Abhängigkeit der Profildicke.

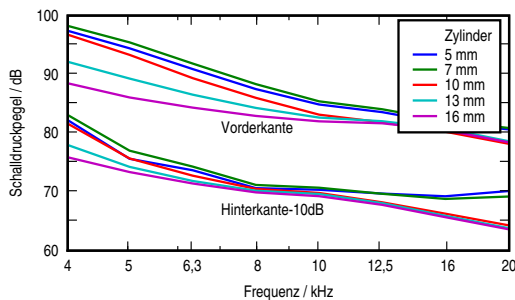
spektren des Schalldruckpegels für die drei Quellorte dargestellt. Es wird deutlich, dass die Schallentstehung am Ort des Zylinder/-nachlaufs nicht von der Profildicke abhängt. Dies ist plausibel, denn andernfalls müssten sich durch Variation der Profildicke Schwankungen der Profilmströmung ergeben und sich entgegen der Hauptströmungsrichtung ausbreiten, um durch Interaktion mit dem Zylinder eine Schallgenerierung zu bewirken. Für die Quelle am Ort der Profilverkante ist aber ein deutlicher Einfluss der Profildicke feststellbar. Am dickeren NACA 0018-Profil wird bis hin zur 12,5 kHz

Terz deutlich weniger Schall generiert, als am dünneren NACA 0012-Profil. Diese Feststellung deckt sich mit der in der Literatur beschriebenen Erkenntnis [3], dass es an dickeren Profilen zur geringeren Schallgenerierung kommt.

Der Einfluss der Profildicke auf die Schallentstehung an der Profilhinterkante ist nur in den beiden unteren Terzbändern von 4 kHz und 5 kHz deutlich.

**Einfluss des Zylinderdurchmessers**

In Abbildung 3 sind die Terzspektren der Schalldruckpegel der Vorder- und Hinterkantenquelle für die variierten Zylinderdurchmesser für den Abstand von 86 mm und die Freistrahlggeschwindigkeit von 72 m/s dargestellt. Man er-

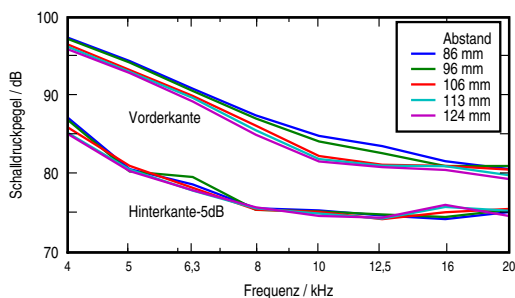


**Abbildung 3:** An Hinter- und Vorderkante des NACA 0012-Profiles gemessene Terzspektren der Schalldruckpegel in Abhängigkeit des variierten Zylinderdurchmessers für eine Freistrahlggeschwindigkeit von 72 m/s.

kennt, dass die Schallentstehung am Ort der Vorderkante von dem Durchmesser des Zylinders beeinflusst wird, wobei dessen Einfluss stärker in den unteren Terzbändern ist. Die Schallentstehung an der Profilhinterkante wird in den unteren Terzbändern ebenfalls durch den Zylinderdurchmesser beeinflusst, wenn auch weniger stark als am Ort der Vorderkante. Auffallend ist die Formierung zweier Schalldruckpegelgruppen oberhalb der 10 kHz Terz, wobei Gruppe 1 die Schalldruckpegelverläufe der Anordnungen mit 5 mm und 7 mm Zylinderdurchmesser und Gruppe 2 die Schalldruckpegelverläufe aller restlichen Zylinderdurchmesser enthält. Die Ursache für diese Formierung der Gruppen ist noch ungeklärt.

**Einfluss des Abstands**

Der Einfluss des Zylinder-Profil-Abstands auf die Schallentstehung am Ort der Profilverkante und Profilhinterkante kann aus der Abbildung 4 abgeleitet werden. Die

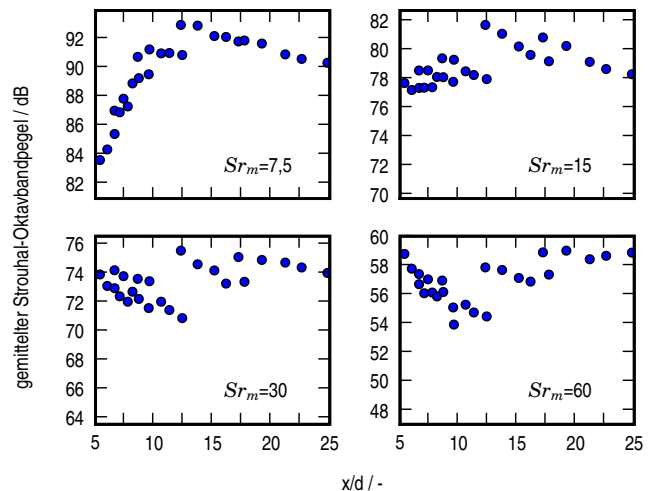


**Abbildung 4:** An Hinter- und Vorderkante des NACA 0012-Profiles gemessene Terzspektren der Schalldruckpegel in Abhängigkeit des variierten Abstands für eine Freistrahlggeschwindigkeit von 72 m/s.

für die Freistrahlggeschwindigkeit von 72 m/s dargestellten Terzspektren der Schalldruckpegel zeigen, dass die Schallentstehung an der Profilhinterkante nahezu nicht von dem Abstand abhängt. Für die Schallentstehung an der Vorderkante ist ein geringer Einfluss des Abstands vorhanden. Dieser ist aber deutlich geringer als der zuvor betrachtete Einfluss des Zylinderdurchmessers.

**Einfluss des Abstand/Durchmesser Verhältnisses**

Der an der Profilverkante und Hinterkante generierte Schall ist zum einen abhängig vom Abstand  $x$  und vom Zylinderdurchmesser  $d$ , also dem Verhältnis  $x/d$ , und zum anderen von der Strouhalzahl. Zur gemeinsamen Analyse dieser Abhängigkeiten wird ein Strouhalbandpegel eingeführt und in Abhängigkeit von  $x/d$  ausgewertet. Der gemittelte Strouhalbandpegel wird gebildet, indem man zunächst den betrachteten Strouhalzahlbereich (gebildet mit der Profiltsehnenlänge) in Bänder mit der Strouhalzahlmitte  $Sr_m$  teilt, (hier Oktavbänder) und die Schalldruckpegel eines Bandes aufsummiert und anschließend den über die Anzahl der Pegel pro Band gemittelten Pegel bestimmt. Die Analyse des in Abbildung 5 dargestellten gemittelten Strouhal-Oktavbandpegels zeigt eine stärkere Abhängigkeit des Pegels vom  $x/d$ -Verhältnis in unteren Strouhalbändern.



**Abbildung 5:** Gemittelte Strouhal-Oktavbandpegel in Abhängigkeit des Verhältnisses  $x/d$  für die mit einem NACA 0012-Profil gebildeten Zylinder-Profil-Konfigurationen.

**Literatur**

- [1] Giesler, J., Sarradj, E.: Broadband noise investigation on rod-airfoil-configurations. In: Fortschritte der Akustik - NAG / DAGA, 2009
- [2] Giesler, J., Sarradj, E.: Measurement of broadband noise generation on rod-airfoil-configurations. In: 15th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, Miami, USA, AIAA paper 2009-3308, 2009
- [3] Guidati, G.: Berechnung und Verminderung von Strömungsgeräuschen an Profilen. *Dissertation, Universität Stuttgart, 2004.*