

# Experimentelle Untersuchung von Einflüssen auf die Strömungsakustik einer Zylinder/Platte-Konfiguration

Michael Winkler<sup>1</sup>, Klaus Becker<sup>1</sup>, Frank Kameier<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fachhochschule Köln, Institut für Fahrzeugtechnik, 50679 Köln, Deutschland, E-Mail: michael.winkler@fh-koeln.de

<sup>2</sup> Fachhochschule Düsseldorf, Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik, 40474 Düsseldorf, Deutschland

## Einleitung

Es ist bekannt, dass Wirbelstrukturen hohe Geräuschpegel erzeugen, sofern sie auf mechanische Strukturen treffen. Die pegelgenaue Vorhersage derartiger Phänomene ist Gegenstand von Forschungsprojekten und noch nicht Stand der Technik in der industriellen Anwendung [1]. Im Fokus der hier vorgestellten Untersuchung steht die experimentelle Bestandsaufnahme einer ebenen Platte im Nachlauf eines Zylinders. Die Untersuchungen an dieser einfachen Konfiguration sollen das Verständnis für die physikalischen Vorgänge verbessern und Daten zur Validierung von numerischen Berechnungen liefern [2].

## Versuchsaufbau

Als Versuchsumgebung dient ein reflexionsarmer Vollraum, in dem über einen rechteckigen Kanal (100 x 120 mm) ein Freistrahler erzeugt wird. In diesen Freistrahler wird die Versuchskonfiguration bestehend aus Zylinder und Platte eingebracht (Abb. 1). Der Durchmesser  $D$  des Zylinders beträgt 3,1 mm. Die Abmessungen der Stahl-Platte sind mit 120 x 60 x 1 mm so gewählt, dass sich die Platte im Kernbereich des Freistrahls positionieren lässt. Die Strömungsgeschwindigkeiten betragen bis zu 30 m/s. Bezogen auf den Zylinderdurchmesser ergibt sich eine maximale Reynolds-Zahl von 6 200. Die messtechnische Erfassung akustischer Daten erfolgt mittels  $\frac{1}{2}$  Zoll ICP-Kondensatormikrofonen. Ein

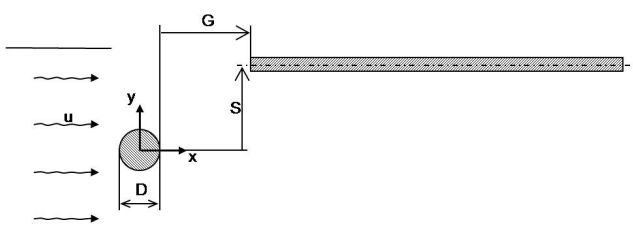


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Versuchskonfiguration (oben); Fotografie des Versuchsaufbaus (unten)

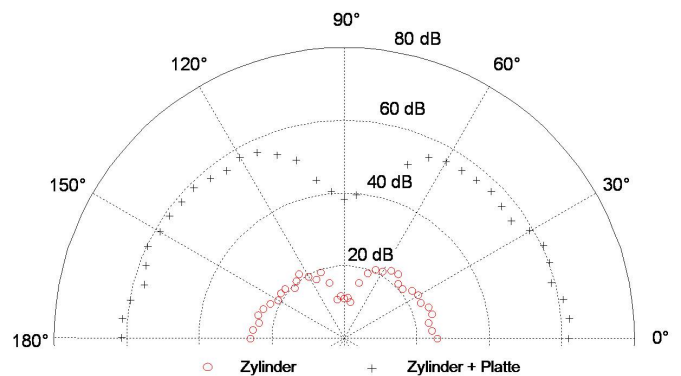
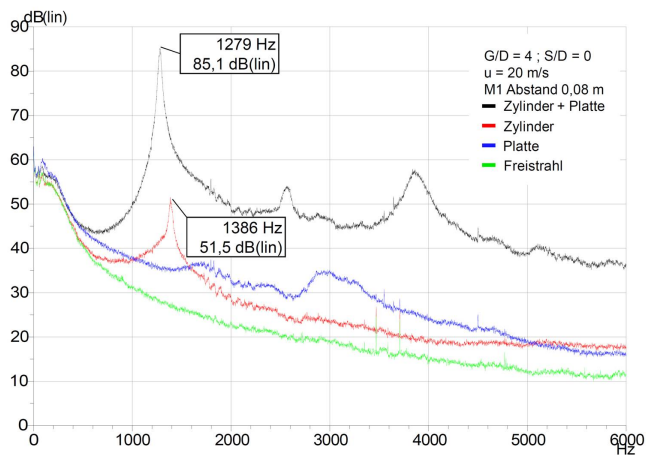


Abbildung 2: Richtcharakteristik für den maximalen Schalldruckpegel im Bereich der Wirbelablösefrequenz;  $u = 17,5$  m/s;  $G/D = 4$ ;  $S/D = 0$ ; Mikrofonabstand 1 m; Winkelauflösung  $5^\circ$

Mikrofon befindet sich seitlich auf halber Höhe der Versuchsanordnung mit einem Abstand von 0,08 m zur Mitte des Freistrahls. Weitere Mikrofone sind auf einem Halbkreis um die Versuchsanordnung in einem Abstand von 1 m positioniert (s. Abb. 1 unten).

## Ergebnisse

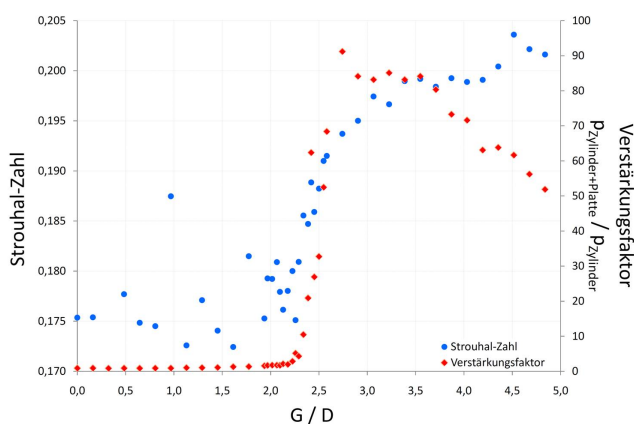
In Abb. 2 ist der Gesamtschalldruckpegel in Abhängigkeit von der Mikrofonposition in 1 m Entfernung dargestellt. Hierbei wird die erhöhte Schallabstrahlung quer zur Zylinderachse ersichtlich. Es ergibt sich ein Dipol ähnliches Schallabstrahlungsverhalten. Aus Abb. 3 ist das Leistungsspektrum des Schalldruckpegels für verschiedene Versuchskonfigurationen ersichtlich. Neben den Ergebnissen der Zylinder/Platte-Konfiguration sind als Referenzmessung auch die Ergebnisse für Freistrahler, Platte alleine sowie Zylinder alleine dargestellt. Im Frequenzbereich unterhalb von 500 Hz ist zu erkennen, dass der Schalldruckpegel hauptsächlich durch das Strömungsrauschen des Freistrahls verursacht wird. Das Einbringen der Plattenstruktur in den Freistrahler führt zu einer Erhöhung der Schalldruckpegel im gesamten Frequenzbereich oberhalb von 500 Hz. Ausgeprägte tonale Frequenzanteile sind dabei nicht ersichtlich. Für den Zylinder alleine im Freistrahler hingegen ergibt sich eine Überhöhung im Schalldruckpegel bei 1386 Hz. Diese ist zurückzuführen auf die wechselseitige Ablösung von Wirbeln am Zylinder und der dadurch entstehenden Wirbelstraße im Nachlauf. Ein auf diese Weise erzeugter Ton wird als Hiebton bezeichnet. Seine Frequenz entspricht der Wirbelablösefrequenz. Die Positionierung der Plat-



**Abbildung 3:** Leistungsspektrum des Schalldruckpegels für verschiedene Versuchskonfigurationen.

tenstruktur im Nachlauf des Zylinders führt zu einer erheblichen Verstärkung der Schalldruckpegel. Zusätzlich sind die erste und zweite Harmonische der Grundfrequenz deutlich zu erkennen. Die Verstärkung lässt sich über einen Verstärkungsfaktor beschreiben. Hierzu wird der Quotient aus dem Schalldruck der Referenzkonfiguration Zylinder alleine und der Zylinder/Platte-Konfiguration gebildet. Für den maximalen Schalldruckpegel ergeben die Messergebnisse in Abb. 3 einen Verstärkungsfaktor von 48. Des Weiteren verringert sich durch das Hinzufügen der Plattenstruktur die Frequenz des maximalen Schalldruckpegels um mehr als 100 Hz.

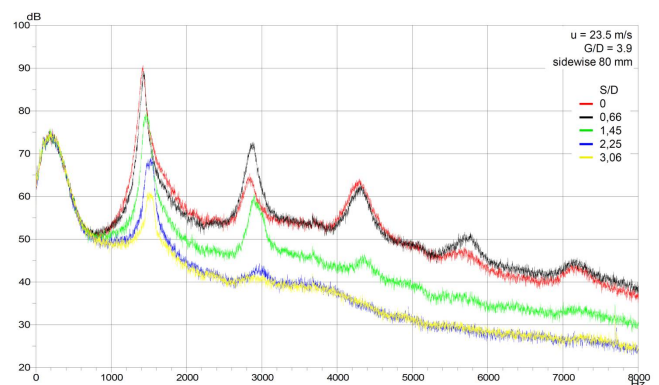
In Abb. 4 ist der Verstärkungsfaktor sowie die auf die Strömungsgeschwindigkeit und den Zylinderdurchmesser normierte Frequenz in Abhängigkeit vom dimensionslosen Abstand  $G/D$  dargestellt. Der Verlauf des Verstärkungsfaktors zeigt bei  $G/D$  von etwa 2,5 einen steilen Anstieg und erreicht bei etwa 3,2 sein Maximum. Bei weiterer Vergrößerung von  $G/D$  nimmt der Faktor stetig ab. Eine Erklärung für dieses Verhalten liefern weitere hier nicht dargestellte Untersuchungen. Bei einem Verhältniss von  $G/D$  kleiner 2,5 kommt es nicht zu einer Wirbelablösung am Zylinder und die Strömung legt



**Abbildung 4:** Grafische Darstellung der Abhängigkeit des Schalldruckpegels und der Strouhal-Zahl von dem normierten Abstand  $G/D$ .

sich wieder an die Platte an (vgl. [3]). Eine Abstandsvergrößerung führt zur Ausbildung von Wirbeln hinter dem Zylinder, die sich ablösen und auf die Platte auftreffen. Hierdurch kommt es zur Verstärkung der Schalldruckpegel. Die Strouhal-Zahl steigt ebenfalls an. Sie nähert sich bei weiterer Vergrößerung des Abstandes einem Wert von etwa 0,2 an. Bei der hier zugrundeliegenden Reynolds-Zahl entspricht er dem Wert eines einzelnen Zylinders in der Strömung.

Das seitliche Verschieben der Platte aus ihrer mittigen Position heraus ist Grundlage für die in Abb. 5 dargestellten Ergebnisse. Für eine zunehmende seitliche Verschiebung reduziert sich die Frequenz des dominanten tonalen Anteils und der Schalldruckpegel nimmt ab. Eine Ausnahme bildet hierbei der Schalldruckpegel an der Stelle der ersten Harmonischen. Für eine seitliche Verschiebung von  $S/D = 0,66$  steigt der Schalldruckpegel an.



**Abbildung 5:** Leistungsspektrum des Schalldruckpegels in Abhängigkeit von der seitlichen Verschiebung.

## Zusammenfassung

Die experimentelle Untersuchung von Einflüssen auf die Strömungsakustik einer Zylinder/Platte-Konfiguration hat durch die Variation von Parametern zu akustischen Effekten, wie beispielsweise einer Verstärkung des Schalldruckpegels um den Faktor 48 geführt. Die physikalischen Entstehungsmechanismen dieser Effekte sind noch nicht vollständig geklärt. Sie sind Gegenstand weiterer Untersuchungen.

## Literatur

- [1] Greschner, G.; Thiele, F.; Jacob, M.C.; Casalino, D.: Prediction of sound generated by a rod-airfoil configuration using EASM DES and the generalised Lighthill/FW-H analogy. *Computers & Fluids* 37 (2008), 402–413
- [2] Kornhaas, M.; Winkler, M.; Stenel, D.C.; Becker, K.; Schäfer, M.; Kameier, F.: LES of cylinder plate configuration and corresponding aeroacoustic effects. 19. Congrès Français de Mécanique (2009)
- [3] Kameier, F.; Horvat, I.; Becker, K.: Konventionelle CFD für strömungsakustische Optimierung. DAGA 2010