



DLR-IB-AS-GO-2018-184

**Experimental Evaluation of
unsteady Pressure-Sensitive
Paint for acoustic applications**

Bachelorarbeit

Jan Gößling



DLR

**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt**

Berichts.-Nr.:

DLR-IB-AS-GO-2018-184

Verfasser:

Jan Gößling

Titel:

**Experimental Evaluation of unsteady Pressure-Sensitive
Paint for acoustic applications**

Bachelorarbeit

Datum: Februar 2018

Auftraggeber:

Auftrags-Nr.:

Vorgesehen für:

Der Bericht umfaßt:

97 Seiten einschl.
6 Tabellen
70 Bilder
27 Literaturstellen

Vervielfältigung und Weitergabe dieser Unterlagen sowie Mitteilung ihres Inhalts an Dritte, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DLR des Auftraggebers.

DLR

**Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik
Bunsenstraße 10
37073 Göttingen
Deutschland**

Abteilung AS-EXV



Experimental Evaluation of unsteady Pressure-Sensitive Paint for acoustic applications

Übersicht:

Instationäre drucksensitive Farbe (iPSP) ist auf ihre Eignung getestet worden, akustische Druckverteilungen, ähnlich wie sie im akustischen Windkanal (AWT) vorkommen, zu messen. Um eine Messung mit ähnlichen Druckparametern durchführen zu können, wurde eine Testanlage konstruiert, welche diese Parameter zur Verfügung stellt. Das Ziel dieser Untersuchung ist Druckamplituden, die kleiner als 100 Pa sind und mit Breitbandlärm zwischen 1000 und 4000 Hz angeregt worden sind, mit iPSP zu detektieren. Um das Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) zu verbessern, werden zur Datenanalyse die Methoden phase averaging, proper orthogonal decomposition (POD) und dynamic mode decomposition (DMD) verwendet und mit einander verglichen. Dabei zeigt sich, dass sich die DMD besonders gut eignet. Der verwendete Aufbau, zusammen mit der DMD, ist in der Lage Druckamplituden zu detektieren, welche kleiner als 11 Pa sind und mit multipler Frequenzanregung und Frequenzen bis zu 4615 Hz angeregt werden. Die geringste detektierte Druckamplitude ist 5 Pa bei 1318 Hz. Die Ergebnisse liefern eine gute Basis für zukünftige Messungen mit iPSP im AWT.

Unsteady Pressure-Sensitive Paint (iPSP) is evaluated for measurements of acoustic pressure distribution similar to the acoustic pressure inside the Aeroacoustic Wind Tunnel (AWT). A test facility is designed which allows to measure these acoustic pressure distributions with unsteady Pressure-Sensitive Paint (iPSP). The aim of the evaluation is to detect pressure amplitudes below 100 Pa with multi frequency excitation between 1000...4000 Hz, based on the parameters found inside the AWT. To increase the signal-to-noise ratio (SNR) the data analysis methods; phase averaging, proper orthogonal decomposition (POD), and dynamic mode decomposition (DMD) are compared to each other and the DMD is identified to be the most powerful for this application. The used measurement setup combined with the DMD is capable of detecting pressure amplitudes below 11 Pa in multi frequency phenomena with frequencies up to 4615 Hz. The minimal obtained detectable pressure limit is 5 Pa at 1318 Hz. The obtained results are a good basis for future measurements with iPSP inside the AWT.

DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT E.V.

Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik

Institutsleiter::

(Prof. Dr. Andreas Dillmann)

Verfasser:

(Jan Gößling)

Abteilungsleiter:

(Dr. Lars Koop)

Betreuer:

Dr. Michael Hilfer

Datum: 20.11.2018
Bearbeitet: Ilka Micknaus

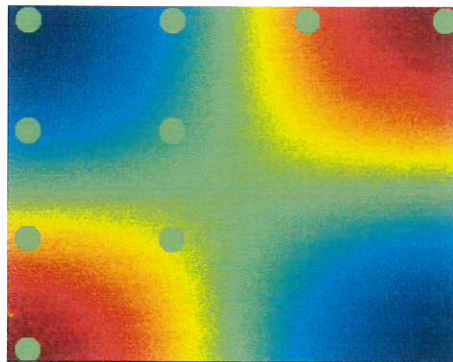
Abteilung:
AS-EXV

Bericht:
IB-AS-GO-2018-184

Bachelor thesis

Experimental Evaluation of unsteady Pressure-Sensitive Paint for acoustic applications

January 2018



Jan Gößling

Matr.-Nr.: 3016210

Supervisor: Dr. Michael Hilfer
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. - DLR
Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik
Bunsenstraße 10
37073 Göttingen

M.Sc. Akif Mumcu
Leibniz Universität Hannover
Institut für Turbomaschinen und Fluid-Dynamik - TFD
Appelstraße 9
30167 Hannover

Examiner: Prof. Dr.-Ing. Jörg Seume
Dr.-Ing. Florian Herbst

Bachelorarbeit

Aufgabenstellung für Herrn Jan Gößling, Matr. Nr.: 3016210

Thema: Experimentelle Untersuchung von drucksensitiver Farbe für akustische Anwendungen

In Kooperation mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik soll ein Einsatz von drucksensitiver Farbe für akustische Untersuchungen am aeroakustischen Windkanal (AWT) überprüft werden. Drucksensitive Farbe (PSP) ist eine optische Messmethode zur Bestimmung der Druckverteilung auf einer Oberfläche. Die Farbe wird auf die Oberfläche aufgebracht und z.B. mit UV-Licht bestrahlt. Die Intensität des resultierenden Lumineszenzlichtes ist von der lokalen Sauerstoffkonzentration abhängig und ermöglicht somit einen Rückschluss auf den an der Oberfläche anliegenden Druck. Das lumineszierte Licht wird mit einer Kamera aufgenommen. Durch neue Farb- und Kameratechnologien und verbesserte Auswerteverfahren können hochfrequente Druckänderungen mit geringer Amplitude gemessen werden.

Im Rahmen dieser Arbeit gilt es ein Experiment mit drucksensitiver Farbe und akustisch angeregter Druckverteilung durchzuführen, um einen Einsatz von PSP im AWT zu validieren. Dafür wird eine akustische Versuchseinrichtung ausgelegt, konstruiert und gefertigt, in dem sich vergleichbare Druckamplituden und Frequenzen wie im AWT einstellen lassen. Die akustische Druckverteilung soll mit PSP und einer High-Speed Kamera gemessen werden. Die Bilder sollen mit der Proper Orthogonal Decomposition (POD) und Dynamic Mode Decomposition (DMD) ausgewertet werden und mit Mikrofondaten verglichen werden.

Im Rahmen der Arbeit sind folgende Aufgaben durchzuführen:

- Einarbeitung in die Thematik und Literaturrecherche
- Berechnung der analytischen Lösung
- Auslegung, Konstruktion und Instrumentierung der akustischen Versuchseinrichtung
- Durchführung des Experimentes mit AWT vergleichbaren Parametern
- Programmierung der PSP Auswertung (POD und DMD) in MATLAB
- Auswertung der Mikrofondaten
- Dokumentation der Ergebnisse
- Rückschluss auf möglichen Einsatz im AWT ziehen

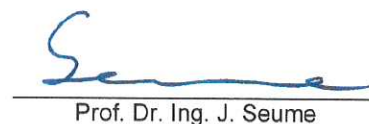
Die Bearbeitungszeit beträgt maximal 6 Monate.

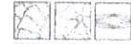
Am DLR Göttingen ist Herr Dr. M. Hilfer für die Betreuung der Arbeit zuständig.

Am Institut für Turbomaschinen und Fluid-Dynamik ist Herr M.Sc. A. Mumcu für die Betreuung der Arbeit zuständig. Die Arbeit ist entsprechend der TFD-Richtlinien für schriftliche Arbeiten in zwei gebundenen Exemplaren und auf einem elektronischen Datenträger abzugeben. Im Rahmen dieser Arbeit ist mindestens einmal wöchentlich Rücksprache mit dem Betreuer zu halten. Die Arbeit ist dem Betreuer 3 Wochen vor dem offiziellen Abgabetermin zur Durchsicht vorzulegen.

Ausgabe der Aufgabenstellung: 29.08.2017; Abgabe der Arbeit: 29.02.2018


Jan Gößling


Prof. Dr. Ing. J. Seume



Mit der Übermittlung meiner Arbeit auch an externe Dienste zur Plagiatsprüfung erkläre ich mich

einverstanden nicht einverstanden

Mit der dauerhaften Speicherung und Vervielfältigung meiner Arbeit einschließlich der Übermittlung an externe Dienste zwecks Abgleich auf Plagiate mit nachfolgenden Arbeiten erkläre ich mich bis auf Widerruf

einverstanden nicht einverstanden.

Jan Gößling

Declaration of Authorship

I hereby declare that the thesis submitted is my own unaided work. All direct or indirect sources used are acknowledged as references. I am aware that the thesis in digital form can be examined for the use of unauthorized aid and in order to determine whether the thesis as a whole or parts incorporated in it may be deemed as plagiarism. For the comparison of my work with existing sources I agree that it shall be entered in a database where it shall also remain after examination, to enable comparison with future theses submitted. Further rights of reproduction and usage, however, are not granted here. This paper was not previously presented to another examination board and has not been published.

City, date

Signature

Abstract

Unsteady Pressure-Sensitive Paint (iPSP) is evaluated for measurements of acoustic pressure distribution similar to the acoustic pressure inside the Aeroacoustic Wind Tunnel (AWT). A test facility is designed which allows to measure these acoustic pressure distributions with unsteady Pressure-Sensitive Paint (iPSP).

The aim of the evaluation is to detect pressure amplitudes below 100 Pa with multi frequency excitation between 1000...4000 Hz, based on the parameters found inside the AWT. To increase the signal-to-noise ratio (SNR) the data analysis methods; phase averaging, proper orthogonal decomposition (POD), and dynamic mode decomposition (DMD) are compared to each other and the DMD is identified to be the most powerful for this application. The used measurement setup combined with the DMD is capable of detecting pressure amplitudes below 11 Pa in multi frequency phenomena with frequencies up to 4615 Hz. The minimal obtained detectable pressure limit is 5 Pa at 1318 Hz. The obtained results are a good basis for future measurements with iPSP inside the AWT.

Zusammenfassung

Instationäre drucksensitive Farbe (iPSP) ist auf ihre Eignung getestet worden, akustische Druckverteilungen, ähnlich wie sie im akustischen Windkanal (AWT) vorkommen, zu messen. Um eine Messung mit ähnlichen Druckparametern durchführen zu können, wurde eine Testanlage konstruiert, welche diese Parameter zur Verfügung stellt.

Das Ziel dieser Untersuchung ist Druckamplituden, die kleiner als 100 Pa sind und mit Breitbandlärm zwischen 1000 und 4000 Hz angeregt worden sind, mit iPSP zu detektieren. Um das Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) zu verbessern, werden zur Datenanalyse die Methoden phase averaging, proper orthogonal decomposition (POD) und dynamic mode decomposition (DMD) verwendet und mit einander verglichen. Dabei zeigt sich, dass sich die DMD besonders gut eignet. Der verwendete Aufbau, zusammen mit der DMD, ist in der Lage Druckamplituden zu detektieren, welche kleiner als 11 Pa sind und mit multipler Frequenzanregung und Frequenzen bis zu 4615 Hz angeregt werden. Die geringste detektierte Druckamplitude ist 5 Pa bei 1318 Hz. Die Ergebnisse liefern eine gute Basis für zukünftige Messungen mit iPSP im AWT.