

Strömungsgeräusche an Flugzeug-Fahrwerken

Wolfgang Herget¹, Peter Brandstät²

¹ Fraunhofer-Institut für Bauphysik, 70569 Stuttgart, E-Mail: Wolfgang.Herget@ibp.fraunhofer.de

² Fraunhofer-Institut für Bauphysik, 70569 Stuttgart, E-Mail: Peter.Brandstaett@ibp.fraunhofer.de

Einleitung

Die Reduzierung der Lärmbelastung durch Flugzeuge in urbanen Gebieten ist eine der großen Herausforderungen der Luftfahrt. Das EU-Projekt Clean Sky beschäftigt sich u.a. mit diesem Themengebiet, in dem neuartige aerodynamische Konzepte sowie Verfahren und Methoden zur Reduzierung der Geräuschabstrahlung an Regionalflugzeugen untersucht werden. Ein Aspekt ist hierbei die Geräuschenstehung, welche aus der Umströmung der Fahrwerke resultiert. Hierfür wurden Voruntersuchungen im Windkanal am Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP an Modellen eines Haupt- und Bugfahrwerks durchgeführt. Die vereinfachten modularen Modelle der Fahrwerke wurden in einem offenen Bereich des Windkanals installiert und bei verschiedenen Anströmgeschwindigkeiten mit einem Beamforming-System hinsichtlich des Geräuschspektrums und der Positionen mit hoher Schallintensität untersucht. Systematische und aufeinander folgende Variationen der Modelle, mit verschiedenen Öffnungen und Komponenten, wurden für die Beurteilung der jeweiligen Geräuschenstehung herangezogen.

Windkanal

Die Untersuchungen wurden in einem Windkanal am Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Stuttgart, Abb. 1, durchgeführt.

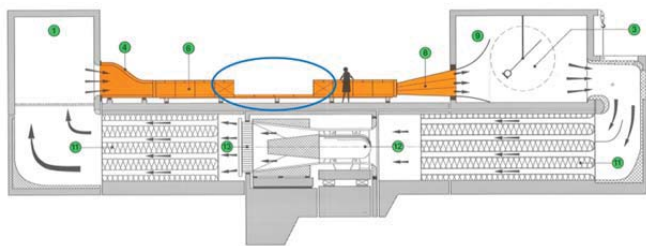


Abbildung 1: Windkanal am Fraunhofer IBP in Stuttgart.

Der Windkanal verfügt über eine in der Breite variablen Messstrecke. Vor und nach der Messstrecke (orangener Bereich in Abb. 1) ist jeweils ein Hallraum angeschlossen. Das Gebläse zur Erzeugung der Strömung mit einer Leistung von 130 kW liegt eine Etage unter dem eigentlichen Windkanal und ist vom restlichen Gebäude körperschallentkoppelt. Im Weiteren befinden sich vor und nach dem Axialgebläse jeweils Kulissenschalldämpfer. Diese Maßnahme und die Entkopplung des Trägerfundamentes dienen dazu, dass eine „leise“ Luftströmung ohne überlagertes Turbinengeräusch erzeugt werden kann. Dies ist entscheidend für die akustischen Untersuchungen. In dem Windkanal kann mit einer Querschnittsfläche von 1000 mm x 500 mm eine maximale Strömungsgeschwindigkeit von 70 m/s erzeugt werden.

Die untersuchten Fahrwerk-Modelle wurden mittig (blau markierter Bereich) in der geöffneten Messstrecke platziert.

Fahrwerk-Modelle

Die Untersuchungen wurden an zwei Typen von Fahrwerken, einem Hauptfahrwerk und einem Bugfahrwerk, durchgeführt. Der Modellmaßstab beträgt für beide Fahrwerke 1:5. Die Modelle wurden so konstruiert, dass mehrere Modellvariationen untersucht werden konnten. Für den Fall des Hauptfahrwerks, ein etwas komplexeres Modell, ist der Aufbau in Abb. 2 skizziert.

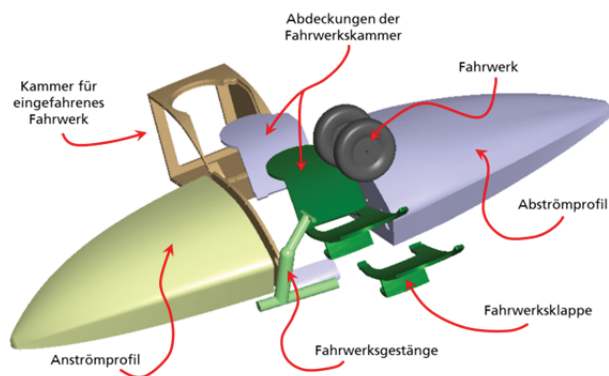


Abbildung 2: Aufbau des Hauptfahrwerk-Modells.

Diese Variationsmöglichkeiten dienen dazu, den Einfluss einzelner Fahrwerkskomponenten auf das Strömungsgeräusch zu klären.

Hauptfahrwerk-Modell

Das Hauptfahrwerk wurde, wie in Abb. 3 dargestellt, in den Windkanal eingebaut.

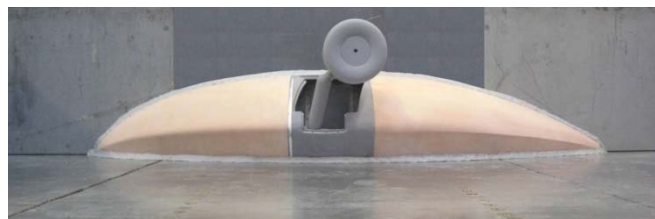


Abbildung 3: Integration des Fahrwerk-Modells in den Windkanal.

Der offene Kanal dient ausschließlich zur messtechnischen Betrachtung des Fahrwerks mit einem Beamforming-Messsystem. Es wurden zwei Betrachtungswinkel gewählt: eine laterale (Perspektive ähnlich wie in Abb. 3) und eine frontale. Der Einfluss des Wandanschlusses, bedingt durch den Einbau an eine Kanalseitenwand, und der damit verbundenen Grenzschichtströmung wurde untersucht. Eine gleichmäßige Anströmung auf das Modell findet statt. Im Rahmen der ersten Messkampagne wurden 8 Variationen untersucht. Diese unterscheiden sich durch verschiedene

Abdeckungsstände der Kammer, mit und ohne Fahrwerk sowie der Fahrwerksklappe.

Bugfahrwerk-Modell

Mit dem Modell des Bugfahrwerks konnten 5 Variationen untersucht werden, siehe Abbildung 4.



Abbildung 4: Bugfahrwerk ohne Räder (links), mit Rädern (mittig) und Varianten mit/ohne Radkappen (rechts).

Die Konfiguration links in Abb. 4 dargestellt, diente der Geräuschanalyse der Fahrwerksstruktur ohne Räder im Unterschied zur Variante mit montierten Rädern. Weitere Konfigurationen waren mit angebrachten Radkappen auf der Innen- und Außenseite als auch jeweils nur innen oder nur außen.

Hauptfahrwerk-Messungen

Die Messungen am Hauptfahrwerk wurden unter einer Anströmgeschwindigkeit von 20 m/s auf den Modellaufbau und den verschiedenen Konfigurationen durchgeführt. Die Strömungsrichtung verläuft bei der lateralen Betrachtungsperspektive, wie in Abb. 5 gewählt, von links nach rechts. Bei der ausgewählten Konfiguration ist das Fahrwerk eingebaut, die Kammer verschlossen und die Fahrwerksklappe ausgefahren.

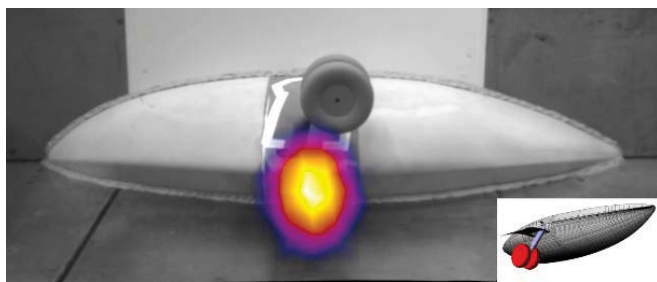


Abbildung 5: Beispiel für Hauptfahrwerk mit geschlossener Kammer und mit montierter Fahrwerksklappe.

Der analysierte Frequenzbereich in Abb. 5 liegt zwischen 1000 Hz und 5000 Hz. Die dominierende akustische Schallquelle für diese Konfiguration scheint die Fahrwerksklappe zu sein. Weitere untersuchte Varianten mit dieser ausgefahrenen Fahrwerksklappe bei geöffneter oder teilweise geöffneter Kammer, sowie ohne Fahrwerk und unter frontaler Perspektive kamen zu vergleichbaren Erkenntnissen. Im Falle der nicht vorhandenen Fahrwerksklappe war der Öffnungsgrad der Kammer für die Geräuschenstehung maßgebend. Der Einfluss des Fahrwerks auf das Strömungsgeräusch liegt im Frequenzbereich unter 600 Hz.

Bugfahrwerk-Messungen

Die Untersuchungen am Bugfahrwerk wurden ebenfalls unter einer lateralen und frontalen Betrachtungsperspektive des Beamforming-Messsystems und einer Anströmgeschwindigkeit von 20 m/s durchgeführt. Beispielhaft ist in Abb. 6 das Bugfahrwerk ohne Radkappen und in Abb. 7 das Bugfahrwerk mit angebauten Radkappen dargestellt. Der analysierte Frequenzbereich liegt für beide dargestellten Abb. zwischen 1000 Hz und 5000 Hz.

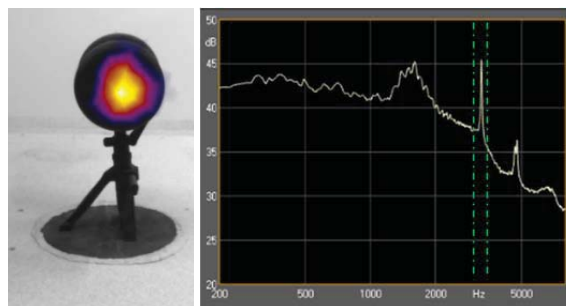


Abbildung 6: Bugfahrwerk ohne Radkappen, links: Beamforming-Analyse des Frequenzbereiches, rechts: Schmalband-Spektrum.

Mittels Beamforming-Analyse liegt für diese Konfiguration die dominierende akustische Schallquelle im Bereich der Räder. Ebenfalls sind charakteristische Pegelerhöhungen im Spektrum zu erkennen.

Die Abb. 7 zeigt die Ergebnisse mit montierten Radkappen.

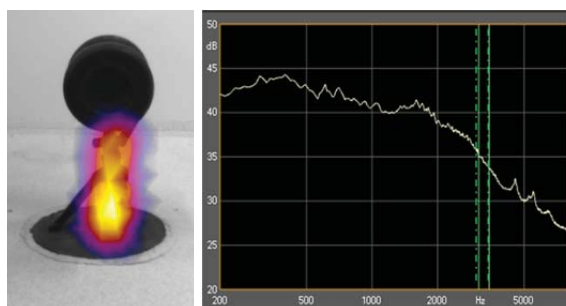


Abbildung 7: Bugfahrwerk mit Radkappen, links: Beamforming-Analyse des Frequenzbereiches, rechts: Schmalband-Spektrum.

Mit den Radkappen ist eine deutliche Pegelreduzierung im Frequenzbereich von 1000 Hz und 5000 Hz zu erkennen. Mit der Beamforming-Analyse hat sich die Position der Schallquelle verändert, da der Einfluss der Räder weniger dominierend ist. Für den grün markierten Bereich im jeweiligen Spektrum der Abb. 6 und 7 bedeutet dies eine Pegelreduzierung um ca. 10 dB [1]. Maßgebend für diese Pegelreduzierung sind die inneren Radkappen.

Danksagung

Diese Forschungsarbeit wurde durch die Europäische Kommission im siebten Rahmenprogramm (FP7/2007.2013) der Clean Sky Joint Technology Initiative (CSJU-GAM-GRA-2008-001) gefördert.

Literatur

- [1] Adachi, S.: Wind Tunnel Test and CFD/CAA Analysis on a Scaled Model of a Nose Landing Gear. Clean Sky GRA LNC project, 2014.