

Wolfgang Herget, Peter Brandstätt

## ANALYSE DER STRÖMUNGSGERÄUSCHE AN KOMPONENTEN VON FLUGZEUG-FAHRWERKEN

### Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart  
Telefon +49 711 970-00  
info@ibp.fraunhofer.de

Standort Holzkirchen  
Fraunhoferstraße 10, 83626 Valley  
Telefon +49 8024 643-0

Standort Kassel  
Gottschalkstraße 28a, 34127 Kassel  
Telefon +49 561 804-1870

[www.ibp.fraunhofer.de](http://www.ibp.fraunhofer.de)

*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] IBP Mitteilung 372 – Umbau der Schalldämpfer-Prüfstände – neue Prüfmöglichkeiten; 2000.

[2] Adachi, S.; Brandstätt, P.; Herget, W.; Leistner, P.; Landersheim, V.; Weber, D.; Mueller-Roemer, J.: *Wind Tunnel Test and CFD/CAA Analysis on a Scaled Model of a Nose Landing Gear*. Greener-Aviation Conference, Brüssel, 12.–14. 3. 2014.

© Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP  
Nachdruck oder Verwendung von Textteilen oder Abbildungen nur mit unserer schriftlichen Genehmigung

### HINTERGRUND

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.

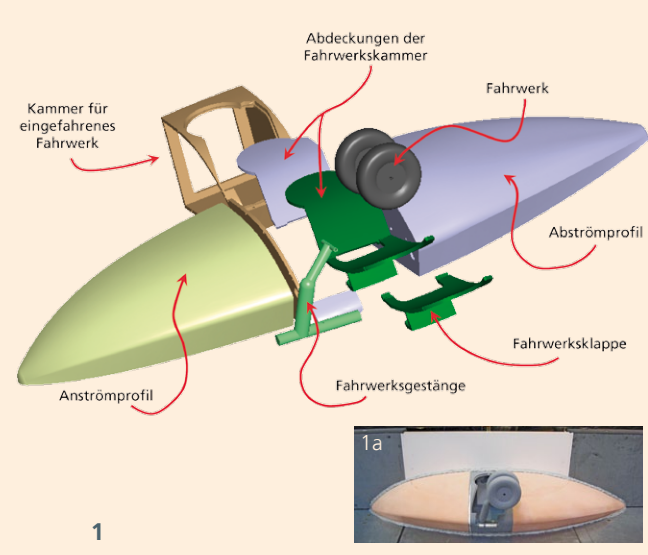
Ein Aspekt ist hierbei die Entstehung von Geräuschen, welche aus der Umströmung der Fahrwerke resultiert. Im Windkanal des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik IBP wurden hierfür Voruntersuchungen an Modellen eines Haupt- und Bugfahrwerks durchgeführt. Die vereinfachten modularen Modelle der Fahrwerke wurden in einem offenen Bereich des Windkanals installiert. Mit einem Beamforming-System erfolgten bei verschiedenen Anströmgeschwindigkeiten Untersuchungen hinsichtlich des Geräuschspektrums und der Positionen mit hoher Schallintensität. Systematische, aufeinander folgende Variationen der Modelle mit verschiedenen Öffnungen und Komponenten wurden für die Beurteilung der Geräuschentstehung herangezogen.

### WINDKANAL

Die Untersuchungen wurden in einem Windkanal am Fraunhofer IBP [1] durchgeführt. Er verfügt über eine in der Breite variable Messtrecke. Vor und nach der Messtrecke 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. Weiterhin befinden sich Kulissen-schalldämpfer jeweils vor und nach dem Axialgebläse. Diese Maßnahme und die Entkopplung des Trägerfundamentes führt dazu, dass eine »leise« Luftströmung ohne überlagerndes Turbinengeräusch erzeugt werden kann. Dies ist entscheidend für die akustischen Untersuchungen. Im Windkanal kann mit einer Querschnittsfläche von 1000 mm mal 500 mm eine maximale Strömungsgeschwindigkeit von 70 m/s erzeugt werden. Die untersuchten Fahrwerk-Modelle wurden mittig in der geöffneten Messstrecke platziert.

### FAHRWERK-MODELLE

Die Untersuchungen wurden an zwei Typen von Fahrwerken, einem Hauptfahrwerk und einem Bugfahrwerk, durchgeführt. Der Modellmaßstab beträgt jeweils 1:5. Die Modelle wurden so konstruiert, dass mehrere Varianten untersucht werden können.



Für das Hauptfahrwerk, ein etwas komplexeres Modell, ist der Aufbau in Bild 1 skizziert. Die Variationsmöglichkeiten dienen dazu, den Einfluss einzelner Fahrwerkskomponenten auf das Strömungsgeräusch zu klären.

Das Hauptfahrwerk wurde in den Windkanal wie in Bild 1a eingebaut. Der offene Kanal dient ausschließlich der messtechnischen Betrachtung des Fahrwerks mit einem Beamforming-Messsystem. Es wurden zwei Betrachtungswinkel gewählt: eine laterale (Perspektive ähnlich wie in Bild 1) und eine frontale. Der Einfluss des Wandanschlusses, bedingt durch den Einbau an eine Kanalseitenwand, und die damit verbundene Grenzschichtströmung wurde überprüft – eine gleichmäßige Anströmung auf das Modell findet statt. Im Rahmen der ersten Messkampagne wurden acht Variationen untersucht, die sich durch verschiedene Abdeckungszustände der Kammer, mit und ohne Fahrwerk, sowie der Fahrwerksklappe unterscheiden.

Mit dem Modell des Bugfahrwerks konnten fünf Varianten untersucht werden, siehe. Die Konfigurationen in Bild 2, 3 und 4 dienen der Geräuschanalyse der Fahrwerksstruktur ohne Räder, im Unterschied zur Variante mit montierten Rädern. Weitere Konfigurationen unterschieden sich durch

angebrachten Radkappen auf der Innen- und Außenseite sowie jeweils nur innen oder außen.

### MESSUNG AM HAUPTFAHRWERK

Die Messungen am Hauptfahrwerk erfolgten unter einer Anströmgeschwindigkeit von 20 m/s auf den Modellaufbau und die verschiedenen Konfigurationen. Die Strömungsrichtung verläuft bei der lateralen Betrachtungsperspektive wie in Bild 1a von links nach rechts. Bei der ausgewählten Konfiguration ist das Fahrwerk eingebaut, die Kammer verschlossen und die Fahrwerksklappe ausgefahren.

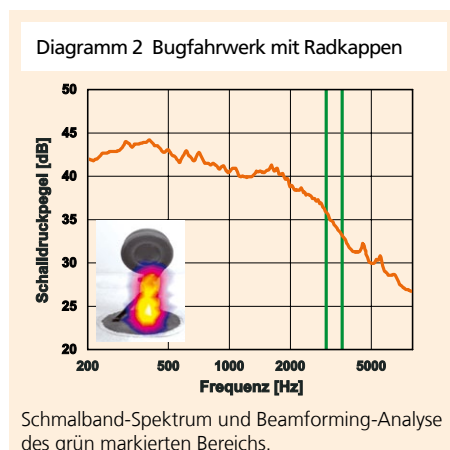
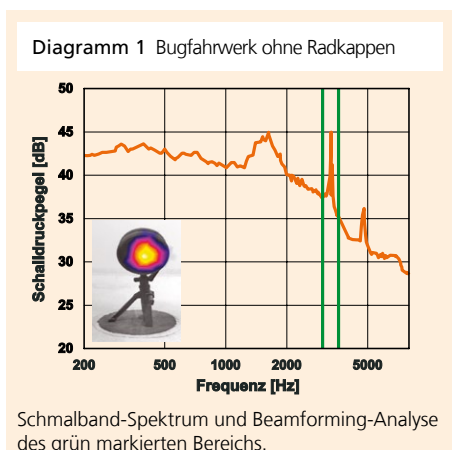
Der analysierte Frequenzbereich liegt zwischen 1000 Hz und 5000 Hz. Als dominierende akustische Schallquelle für diese Konfiguration tritt die Fahrwerksklappe in Erscheinung. Weitere untersuchte Varianten mit dieser ausgefahrenen Fahrwerksklappe bei geöffneter oder teilweise geöffneter Kammer sowie ohne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

### MESSUNG AM BUGFAHRWERK

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 Diagramm 1 das Bugfahrwerk ohne Radkappen und in Diagramm 2 das Bugfahrwerk mit angebauten Radkappen dargestellt. Der analysierte Frequenzbereich liegt jeweils zwischen 1000 Hz und 5000 Hz.

Mittels Beamforming-Analyse zeigt sich für diese Konfiguration die dominierende akustische Schallquelle im Bereich der Räder. Charakteristische Pegelerhöhungen sind im Spektrum ebenfalls zu erkennen. Das Diagramm 2 zeigt die Ergebnisse mit montierten Radkappen.

Mit den Radkappen ist eine deutliche Pegelreduzierung im Frequenzbereich von 1000 Hz und 5000 Hz zu erkennen. In der Beamforming-Analyse zeigt sich eine veränderte Position der Schallquelle, da der Einfluss der Räder weniger dominierend ist. Für den grün markierten Bereich im Spektrum der Diagramme 1 und 2 ergibt sich eine Pegelreduzierung um ca. 10 dB [2]. Maßgebend dafür sind dabei die inneren Radkappen. Mit ihnen werden die Druckschwankungen minimiert, die sich aufgrund der Hohlräume an den Felgen sowie der Kopplung zwischen den Rädern ergeben und die zu einer Dipol-Quelle führen.



- 1 Aufbau des Hauptfahrwerk-Modells und seine Integration (1a) in den Windkanal.
- 2–4 Bugfahrwerk ohne und mit Rädern sowie Varianten mit/ohne Radkappen.