

Forschungsverbund Leiser Verkehr – Projekt FREQUENZ – Lärmarme Nachrüstmaßnahmen für existierende Flugzeuge

Gerd Saueressig¹, Werner Dobrzynski², Sébastien Guérin³, Sebastian Fröhlich^{4a}, Jonathan Jaegle⁵, Wolfgang Jans¹, Bernhard Kiefner⁶, Ines Köhler¹, Michael Kutner⁵, Ulf Michel³, Michael Pott-Pollenske², Henri Siller³, Andreas Uhl^{4b}, Jens Wiedau^{4b} und Karlheinz Haag¹

¹ Deutsche Lufthansa AG, 60546 Frankfurt, Deutschland, Email: gerd.saueressig@dlh.de

² Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (AS), 38108 Braunschweig, Dtl., Email: werner.dobrzynski@dlr.de

³ Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (AT), 10623 Berlin, Dtl., Email: henri.siller@dlr.de

^{4a} Lufthansa Technik AG, HAM WT3, 22335 Hamburg, Deutschland, Email: sebastian.froehlich@lht.dlh.de

^{4b} Lufthansa Technik AG, FRA WE22, 60546 Frankfurt, Deutschland, Email: andreas.uhl@lht.dlh.de

⁵ Lufthansa Cargo AG, 60549 Frankfurt, Deutschland, Email: jonathan.jaegle@dlh.de

⁶ Airbus, Future Project Office, 28199 Bremen, Deutschland, Email: bernhard.kiefner@airbus.com

Einleitung

Ziel des Teilprojekts 3 im Verbundprojekt FREQUENZ (Forschung zur Reduktion und Ermittlung des Quelllärms mittels Experiment und Numerik bei Zivilverkehrsflugzeugen 2004-2007) ist die Entwicklung von kurz- und mittelfristig einsetzbaren Lösungen zur Lärmreduzierung von bereits im Einsatz befindlichen Flugzeugen. Hierfür müssen einzelne Schallquellen im Überflug identifiziert und genau vermessen werden, um entsprechende lärmindernde Modifikationen entwickeln zu können.

FREQUENZ ist Teil der Aktivitäten des Forschungsverbunds *Leiser Verkehr* und wird im Rahmen des 3. nationalen Luftfahrtforschungsprogramms vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert.

Die Arbeiten basieren auf zwei Messkampagnen, in denen die beiden Flugzeuge Boeing MD-11F und Airbus A319 im Überflug mit aufwendigen Mikrofonsystemen genau untersucht wurden. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und Lufthansa haben die beiden Kampagnen im Rahmen ihrer Initiative *Leises Flugzeug* 2001 und 2002 gemeinsam durchgeführt. Darauf aufbauend beschäftigen sich die beiden wichtigsten Arbeitspakete in FREQUENZ Teilprojekt 3 mit der genauen Datenanalyse der Überflugmessungen, der Entwicklung und dem Test von Prototypmaßnahmen und der Erarbeitung von Umsetzungskonzepten.

Boeing MD11-F

Im Rahmen der MD11-F-Überflugmessungen (Beschreibung siehe [1][2]) wurden (1) die wesentlichen Einzelschallquellen identifiziert und (2) Anflugverfahren mit verschiedenen Klappenstellungen und Schubsetzungen untersucht. Die Analyse der Messdaten ergab, dass im Vergleich zum Standardlandeverfahren mit einem Landeklappenwinkel von 35° sowohl der Anflug mit reduzierter Klappenstellung von 28° (bei entsprechend reduziertem Schub) als auch der Anflug mit differentieller Schubsetzung (reduzierter Schub der Triebwerke an den Flügeln bei entsprechender Erhöhung des Schubs vom Hecktriebwerk) zu einer Reduzierung des Einzelereignispegels L_{AZ} von rund 2-3 dB(A) führte (Überflughöhe: ~ 600 ft) [1][2].

Da beide Anflugverfahren nicht für den täglichen regulären Flugbetrieb zugelassen sind und geflogen werden dürfen, werden in FREQUENZ Konzepte entwickelt, im Rahmen derer die technischen Umsetzungsmöglichkeiten (z.B. Änderungen im Flight Management System) und flugbetrieblichen Anforderungen untersucht und bewertet werden.

Durch die Anwendung der "Mikrofonarray"-Technik konnten die Entstehungsorte verschiedener tonaler Schallquellen eingegrenzt werden. Abbildung 1 zeigt im Bereich des Hauptwerks der MD11 einen Ton (768 Hz), dessen Entstehungsmechanismus sich als sehr stabil gegenüber Änderungen der Strömungsverhältnisse und Flugkonfiguration erwies. Der Ton wird vornehmlich in Flugrichtung abgestrahlt (Emissionswinkel: 60°). Sein genauer Entstehungsort konnte jedoch noch nicht eindeutig ermittelt werden, weil das Hauptfahrwerk zahlreiche Hohlbolzenöffnungen aufweist, die als Quelle in Frage kommen (siehe Bildausschnitt Abbildung 1). Entsprechende Untersuchungen zur weiteren Eingrenzung der Ursache laufen.

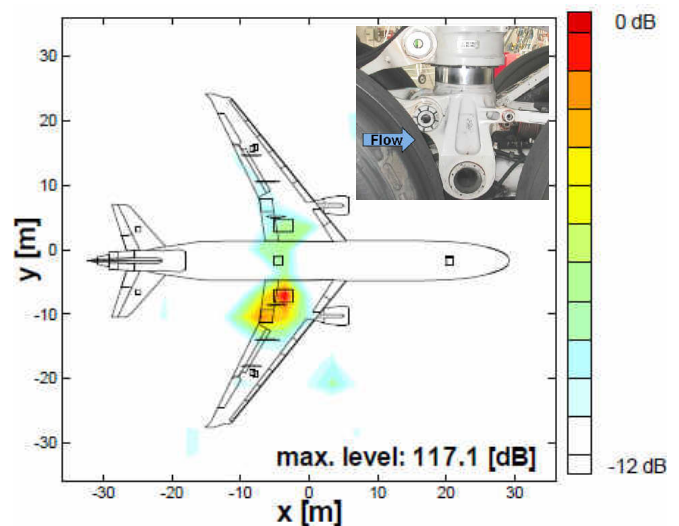


Abbildung 1: Die Schallkarte eines Überflugs zeigt eine Tonquelle (Fokussierungsfrequenz: 768 Hz; Emissionswinkel 60°) im Bereich des Hauptfahrwerks (Abbildung aus [2]), an dem sich zahlreiche Hohlbolzenöffnungen befinden (siehe Ausschnitt oben rechts).

Die Blattfolgefrequenz des Rotors (Fan) stellte eine zweite wichtige Tonquelle dar, deren Größe sich unerwartet stark mit der Triebwerksdrehzahl änderte (Erläuterungen hierzu siehe [2][3]). Dies war auch der Hauptgrund für die Pegelreduzierung der beiden Anflugverfahren, die mit kleinerer Drehzahl als das Referenzverfahren geflogen wurden.

Weitere Ton- und Breitbandschallquellen wurden identifiziert, jedoch ist deren Beitrag zum gesamten Schallpegel von untergeordneter Bedeutung, so dass die weiteren Arbeiten sich auf die Themen Anflugverfahren und Hauptfahrwerk konzentrieren.

Airbus A319

Windkanalmessungen an einem originalen A320-Flügel ergaben, dass die insgesamt vier so genannten Tankdruckausgleichsöffnungen an der Unterseite des Flügels für die Entstehung von zwei starken Tönen bei 530 und 580 Hz verantwortlich sind [4]. Mit der Installation von prototypischen Wirbelgeneratoren – in Strömungsrichtung gesehen – vor den Öffnungen, konnten beide Töne fast vollständig unterdrückt werden. Bei Messungen am vorüberfliegenden A319 waren die Töne im Fernfeld nicht mehr nachweisbar. Übertragen auf den Landeanflug führt diese Maßnahme zu einer Absenkung des gesamten Schalldruckpegels um bis zu 6 dB(A), für die Flugphasen in denen die Hochauftriebshilfen nicht oder nur wenig ausgefahren sind [1][3].

Im Projekt FREQUENZ wurden die Form und Position der Wirbelgeneratoren systematisch untersucht und optimiert. Zwei verbesserte Varianten wurden vom DLR vorgeschlagen und von Lufthansa Technik (LHT) hergestellt (Abbildung 2). Bei abermaligen Überflugmessungen konnten beide Varianten ihre Tauglichkeit erfolgreich unter Beweis stellen. Diese Ergebnisse wurden dem Flugzeughersteller Airbus zur Verfügung gestellt und dort durch weitere Untersuchungen in eigenen Programmen ergänzt.

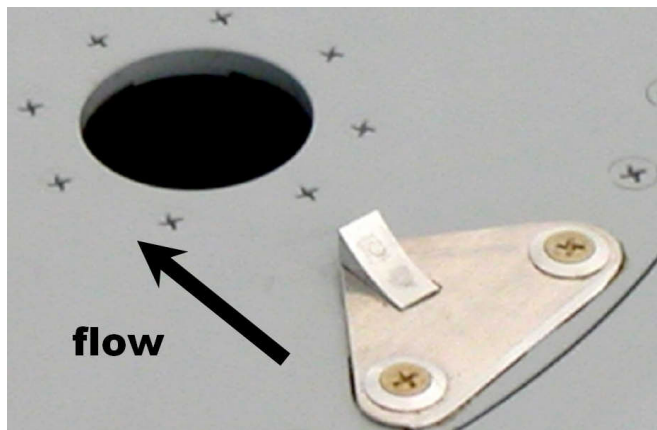


Abbildung 2: Eine von zwei Varianten der verbesserten Wirbelgeneratoren, die im Projekt FREQUENZ entwickelt und optimiert wurden.

Eine zusätzliche Tonquelle bei etwa 800 Hz konnte in verschiedenen Überflugmessungen nachgewiesen werden. Die Analyse mit dem Mikrofonarray ergab, dass der Ton im

Bereich der Triebwerke entsteht, aber keine Abhängigkeit von der Drehzahl zeigt. Der Entstehungsmechanismus dieses Tons scheint sehr komplex zu sein, denn die eingehende Suche nach der Quelle – u.a. bei Messungen im Triebwerksprüfstand von LHT in Hamburg – erbrachte bisher nicht das gewünschte Ergebnis.

Die Untersuchungen für ein verbessertes Verständnis der Schallentstehung am Vorflügel sind das verbindende Element des gesamten FREQUENZ-Verbundes. Die Teilprojekte 1 und 2 dienen der Entwicklung von numerischen Methoden, die in Windkanalmessungen validiert werden. Auf diesem Weg sollen zuverlässige Werkzeuge zur Verfügung gestellt werden, mit deren Hilfe lärmarme prototypische Modifikationen entwickelt werden können. So wurde rechnerisch ermittelt, dass das Ausfüllen des „slat cove“ (Rückseite des Vorflügels) zu einer Lärminderung führt, weil der dort üblicherweise entstehende Wirbel sich nicht ausbilden kann. Prinzipstudien hierzu zum Struktur- und Systemdesign eines „slat cove filler“ werden in dem eng verbundenen Projekt „Innovative High Lift Konfigurationen - IHK“ durchgeführt [5].

Zusammenfassung

Die DLR/Lufthansa Initiative *Leises Flugzeug* und die Fortsetzung der Arbeiten im Verbundprojekt FREQUENZ tragen mit ihren Erkenntnissen zu einem deutlich verbesserten Verständnis der Schallentstehungsmechanismen der verschiedenen Flugzeugkomponenten bei. Dies wurde möglich durch den Einsatz hochmoderner Mikrofonsysteme. Auf Basis dieses Wissens können neue Lärminderungskonzepte entwickelt werden. Erste prototypische Maßnahmen am Flugzeug wurden erfolgreich getestet.

Literatur

- [1] G. Saueressig und K. Haag, „Investigating aircraft noise reduction measures – steps towards The Quiet Aircraft“, Proceedings of Internoise 2004, Abstract 474, Prague, Czech Republic, 2004.
- [2] H. Siller, U. Michel, C. Zwiener und G. Saueressig, „Reduction of Approach Noise of the MD-11“, AIAA 2006-2464, 12th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, Cambridge, MA, USA, 2006.
- [3] G. Saueressig, W. Dobrzynski, S. Guérin, S. Fröhlich, J. Jaeglé, B. Kiefner, M. Kutner, U. Michel, M. Pott-Pollenske, H. Siller, A. Uhl und K. Haag, FREQUENZ Part 3 – investigation of noise reducing retrofit measures for existing aircraft, Euronoise 2006-192, Tampere, Finland, 2006.
- [4] W. Dobrzynski, B. Gehlhar und H. Buchholz, „Windkanalstudien zur Eigengeräuschminderung an Verkehrsflugzeugen“, Abschlussbericht an den Auftraggeber, DLR-IB 129-00/11, Braunschweig, 2000.
- [5] R. Henke und B. Kiefner, „Verbundvorhaben Hochauftrieb (IHK) im nationalen Netzwerk“, Vortragsreihe Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress DGLR-2005-062, Germany, 2005.