

Sensitivitätsanalyse eines aktiven Gegenschallsystems bei Störungen des Primärfeldes

Michael Sandner¹, Uli Krause¹, Delf Sachau¹ und Martin Wandel²

¹ Helmut-Schmidt-Universität, 22043 Hamburg, E-Mail: michael.sandner@hsu-hh.de

² Airbus Operations GmbH, 21129 Hamburg

Einleitung

Aktuelle Entwicklungen untersuchen den Einsatz von Flugzeugtriebwerken mit offenen gegenläufigen Rotoren. Die Rotoren erzeugen tonalen Lärm, welcher effizient gedämmt werden muss.

Der niederfrequente Störschall kann unterstützend zu passiven mit aktiven Maßnahmen beruhigt werden. Somit wird eine zusätzliche Komfortsteigerung erzielt. Passive Maßnahmen allein würden ein hohes Gewicht und großes Bauvolumen mit sich bringen [1].

Eine Möglichkeit ist ein ANC-System, welches den Lärm in der Kabine reduziert. Diese Systeme werden für bestimmte Fälle ausgelegt, sodass bei diesen Voraussetzungen eine maximal mögliche Lärmreduktion erreicht werden kann. Voraussetzungen können sich im Laufe eines Fluges ändern, sodass das ANC-System durch diese Änderungen beeinflusst wird [2,3,5].

Deshalb wird im Folgenden die Sensitivität eines ANC-Systems bei Veränderungen der Richtcharakteristik eines simulierten Triebwerkes untersucht.

Messaufbau

Abb. 1 zeigt ein Mock-Up mit Primärquelle. Die Primärquelle besteht aus einem 4x4 Lautsprecherarray und simuliert den Lärm eines CROR-Triebwerkes.

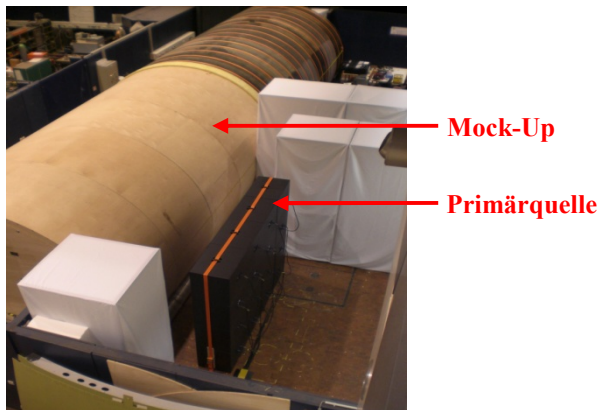


Abbildung 1: Kompletter Versuchsaufbau der Sensitivitätsanalyse

Der Versuchsstand besteht aus mehreren, aus Spanten aufgebauten und mit Fliegersperrholz verkleideten Abschnitten. Der Innenraum des Mock-Ups ist wie in Abb. 2 dargestellt, mit insgesamt 90 Sekundärlautsprechern an festen Positionen ausgestattet. Zwischen den Spanten ist einlagig Dämmmaterial angebracht. Die Bestuhlung der Kabine umfasst 17 Sitzreihen, mit jeweils zwei Doppelsitzen links und rechts des Ganges. Die Sitzreihen verteilen sich gleichmäßig über die Länge des Mock-Ups.

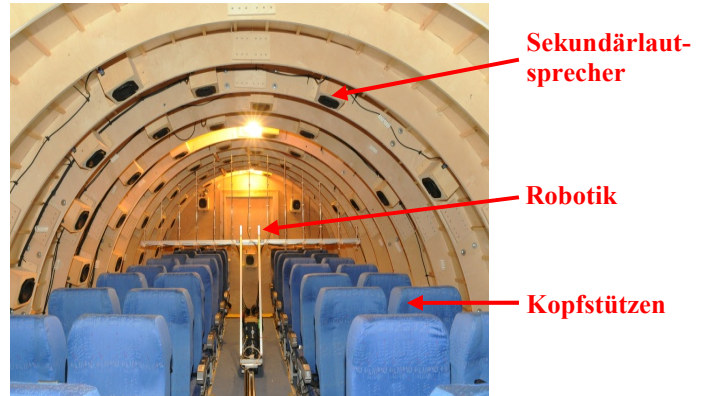


Abbildung 2: Innenraum des Mock-Ups

Das integrierte ANC-System besteht aus bis zu 60 Fehlermikrofonen, einer Recheneinheit und den bereits erwähnten Sekundärlautsprechern. Die Fehlermikrofone werden entweder auf den Kopfstützen oder in der Verkleidung des Mock-Ups angebracht.

Die adaptive Steuerung der Sekundärlautsprecher wird auf einer Echtzeitplattform der Firma dSPACE implementiert. Die zur Messung des Schallfeldes verwendete Robotik besteht aus einem Gestell mit fünf Mikrofonzeilen und verfährt selbstständig auf einer Führungsschiene. Die Messrobotik erfasst auch das Schallfeld im Zielbereich der Steuerung. Dieser befindet sich im Kopfbereich der sitzenden und im Gang stehenden Personen [1].

Konfigurationen der Sensoren und Aktoren

In diesem Beitrag wird eine gleichverteilte Anordnung von Lautsprechern und Mikrofonen diskutiert. Die 60 Mikrofone sind mit roten Kreuzen in Abb. 3 dargestellt. Sie sind in einem regelmäßigen Raster angeordnet. Die 30 Lautsprecher befinden sich im Bereich der Primärquelle.

Die Untersuchung erfolgt an weiteren Anordnungen mit Mikrofonen in der Verkleidung und mit Mikrofonen auf den Kopfstützen und in der Verkleidung, vgl. Abb. 2. Sensor- und Aktorpositionen werden mit einem genetischen Verfahren basierend auf einem nominellen Datensatz optimiert.

Konfigurationen der Sensoren und Aktoren

Die Änderung der Richtcharakteristik, d.h. das "Schwenken" der Primärquelle, erfolgt mittels Drehung des 4x4 Lautsprechersystems [4], vgl. Abb. 1.

Ergebnisse

In Abb. 3 oben links ist das Schallfeld dargestellt, wenn nur die Primärquelle aktiv ist.

Oben rechts ist das Schallfeld dargestellt nachdem die Primärquelle geschwenkt wurde. Die auftretenden Maxima im Schalldruckpegel wandern mit der Schwenkrichtung nach

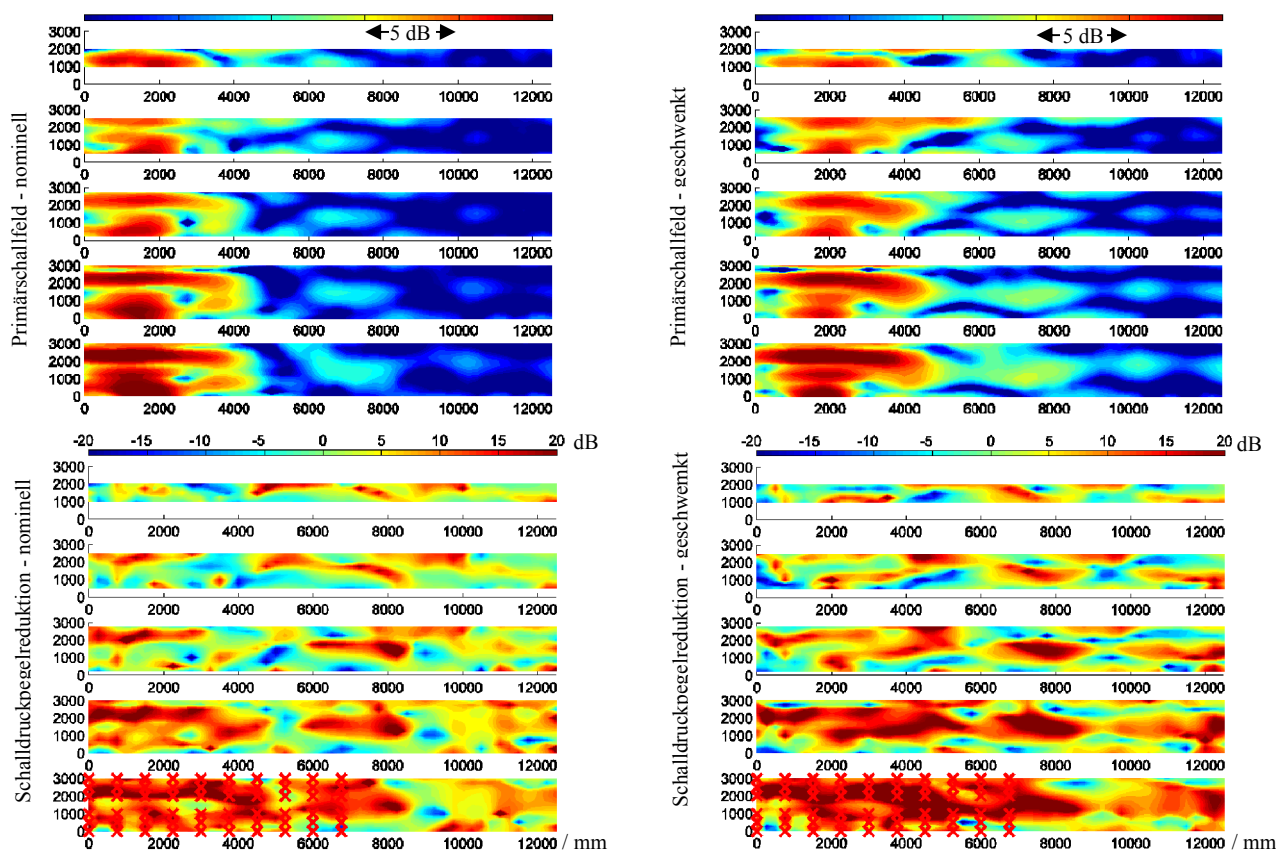


Abbildung 3 Kabinenschallfelder in den fünf Messebenen der Robotik mit farbskalierten Schalldruckpegeln in dB bei einer Frequenz von ca. 100 Hz.

rechts. Die Änderungen im sich ergebenden Schallfeld liegen bei 10% relativen Fehler in Amplitude und Phase.

Abb. 3 unten links zeigt die Schalldruckpegelreduktion, d.h. die Differenz vom primären Schalldruck- und Restschalldruckpegel, für den nominellen Fall.

In Abb. 3 unten rechts ist diese nach dem Schwenken gezeigt. Der Unterschied in der mittleren Schalldruckpegelreduktion beider liegt ebenfalls bei 10%.

Schlussfolgerungen

Störungen wirken sich auf die Leistungsfähigkeit eines aktiven Gegenschallsystems aus.

In einem regelmäßigen Raster angeordnete Mikrofone an den Kopfstützen sind robuster gegenüber Störungen des Primärfeldes (10% geringere Reduktion, siehe Abb. 3) als auf die Position optimierte Konfigurationen (20% geringere Reduktion, hier nicht gezeigt).

Jedoch erreichen Konfigurationen mit in einem regelmäßigen Raster angeordneten Mikrofonen nur geringe mittlere Schalldruckpegelreduktionen bei hohen Frequenzen. Grund hierfür ist die Anordnung der Mikrofone in einer Ebene.

Weitere Untersuchungen zu Mikrofonkonfigurationen in der Verkleidung sowie den Kopfstützen und der Verkleidung zeigen ein ähnliches Verhalten.

Ein robuster Entwurf der adaptiven Steuerung ist notwendig um die Störungen zu kompensieren und die Leistungsfähigkeit des ANC-Systems zu steigern.

Literatur

- [1] Hanselka, J.: Sensitivitätsanalyse eines Systems zur Lärmreduktion in Flugzeugen. Masterarbeit, 2012
- [2] Krause, U., Hanselka, J., Sachau, D., Wandel, M.: Sensitivity-Study of a Noise-Reduction System for Airplanes. DAGA, 2013
- [3] Elliot, S.: Signal Processing for Active Control. Signal Processing and its Applications. London: Academic Press 2001.
- [4] Rossing T.: Handbook of Acoustics. Springer, 2007.
- [5] Kou M. S., Morgan D. R.: Active noise control systems – Algorithms and DSP Implementations. John Wiley & Sons, Inc., Canada, 1996.