

## Integration einstellbarer, akustischer Materialien im Flugzeugbau

Henning Scheel<sup>1</sup>, Dr. Christian Thomas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Airbus Operations GmbH, 21129 Hamburg, E-Mail: [henning.scheel@airbus.com](mailto:henning.scheel@airbus.com)

<sup>2</sup> Airbus Operations GmbH, 21129 Hamburg, E-Mail: [christian.thomas@airbus.com](mailto:christian.thomas@airbus.com)

### Einleitung

Der Passagierkomfort in Flugzeugen wird zunehmend auch von der Qualität der akustischen Wahrnehmung geprägt. Die Erwartungen an zukünftige Neuentwicklungen werden immer stärker von dem Vergleich mit konkurrierenden Transportmitteln wie Hochgeschwindigkeitszügen getrieben. Zudem stehen den Akustikingenieuren Herausforderungen wie neue Antriebssysteme, Kostendruck in der Herstellung, kundenspezifische Anforderungen und kürzere Entwicklungszyklen entgegen.

Vor allem die Aussicht auf neue Antriebssysteme wie sog. Ultra High Bypass Ratio Fans, neuartige Propellerantriebe, Hybridisierung oder verteilte Antriebssysteme erfordern spezielle Maßnahmen zur Absicherung des derzeitigen Lärmkomforts. Alle diese Systeme haben eines gemeinsam: Niederfrequente Anregung mit tonaler Signatur. Sei es durch verkürzte Triebwerksgondeln und damit höheren Anregungspegeln oder durch zusätzliche Systeme für die Elektrifizierung des Antriebs, die Aussicht auf eine geänderte Kabinenlärm signatur steigt. Zusätzlich werden durch die Digitalisierung sowohl der Entwicklungszyklus als auch die Herstellung deutlich verändert, so dass auf mögliche, unvorhergesehene Lärmprobleme möglicherweise erst sehr spät reagiert werden kann.

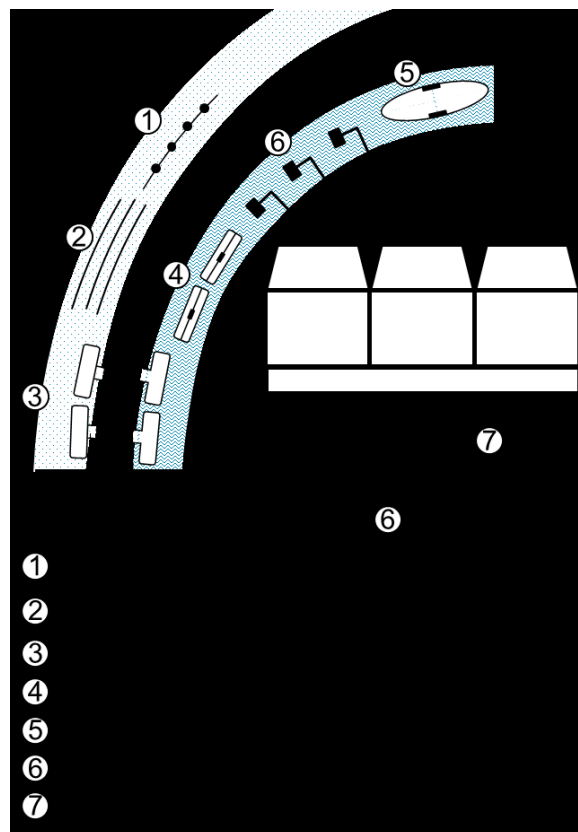
Es besteht daher der Wunsch nach einem akustischen Gesamtkonzept, das flexibel und auch sehr spät auf verschiedene Gegebenheiten angepasst werden kann, ohne zusätzliche Kosten oder Verzögerungen in der Produktion zu erzeugen.

### Adaptives Akustik-Konzept

Die größte Herausforderung, die an die akustische Auslegung gestellt wird, besteht darin, dass selbst bis zu einem sehr späten Entwicklungszeitpunkt die endgültige Systemdrehzahl und damit die tonale Lärm signatur nicht umfänglich bekannt ist. Dies kann durch Unsicherheiten in der Vorhersage oder kurzfristige Änderungen am Komponentendesign hervorgerufen werden. Die Anforderung an ein adaptives Akustikkonzept ist somit, das Design an jede mögliche Änderung anpassen zu können. Das hier vorgestellte Konzept basiert daher auf der Integration einstellbarer akustischer Materialien. Dieser Ansatz wird vor allem durch neue Technologietrends wie 3D-Druck, Metamaterialien, neue Herstellungsprozesse und Modulbauweisen ermöglicht.

Vier verschiedenen Lösungsansätze werden verfolgt:

- Einbetten resonanter Elemente in Kabinenpaneele
- Integration einstellbarer Strukturen
- Mehrschichtige, resonante Isolierungen
- Selbst-anpassende, passive Schwingungsdämpfer



**Abbildung 1:** Adaptives Akustik-Konzept für eine Flugzeugkabine bestehend aus Struktur, thermo-akustischer Isolierung und Kabinenverkleidungselementen.

Wie aus Abbildung 1 zu entnehmen, kann die akustische Situation im Flugzeug als Raum-im-Raum dargestellt werden, wobei je nach Flugzeugtyp unterschiedliche Wandabstände vorherrschen. So sind mit eingebetteten Helmholtz-Resonatoren Mittel gegeben eine mögliche Doppelwandresonanz zu bedämpfen, oder eventuelle Töne durch integrierte Membran- oder Massenschwinger im Schalltransmissionsweg zu reduzieren.

### Anwendung eingebetteter, resonanter Massen in der Isolierung

Untersuchungen zur Einbettung resonanter Massen [1] innerhalb der Primärisolierung sind in verschiedenen Integrationstestständen durchgeführt worden. Hier wurden exemplarisch 2g bzw. 4g Massen in konstantem Rastermaß in einem offenzelligen Schaum mittig eingelassen. Der Schaum wurde anschließend vollflächig auf die Hautfelder einer A300 Seitenwandstruktur geklebt. Tests zur Schalltransmission und Vibrationsdämpfung wurden bei Schall- und Shaker-Anregungen durchgeführt. Im Vergleich zur Schaumkonfiguration ohne eingebettete Massen konnte eine Erhöhung des Schalldämmmaßes von 2-3dB im Bereich des eingestellten Frequenzbandes bei 160Hz -200Hz erreicht werden.



Abbildung 2: A300 Seitenwandstruktur im Transmissionsprüfstand bei Airbus; Schaum mit eingebetteten resonanten Massen (grau).

### Anwendung resonanter Strukturen zur Erzeugung von Stopp-Bändern

Spezielle Untersuchungen wurden bei Airbus hinsichtlich der Ausbreitung von Vibrationen auf Fußbodenpaneelen durchgeführt. Am Beispiel von Fußbodenpaneelen wurden erstmalig resonante Strukturen [2] oder auch verteilte Massenschwinger untersucht, um ein Bandstopp-Verhalten zu erzeugen. Dabei wurden lasergeschnittene Mikro-Schwingungstilger ( $\mu$ -DVA) mit einer Bauteilmasse von 1,2g Masse und einer Resonanzfrequenz von ca. 630Hz in 3 bzw. 5 Reihen rückseitig aufgebracht. Insgesamt kamen 252 bzw. 420  $\mu$ -DVA mit einer Gesamtmasse von ca. 500g zum Einsatz. Dies entspricht einer über 80% Gewichtsreduktion im Vergleich zu einer Schwerschicht mit  $3\text{kg/m}^2$  mit vergleichbarer Wirkung im betrachteten Frequenzbereich.

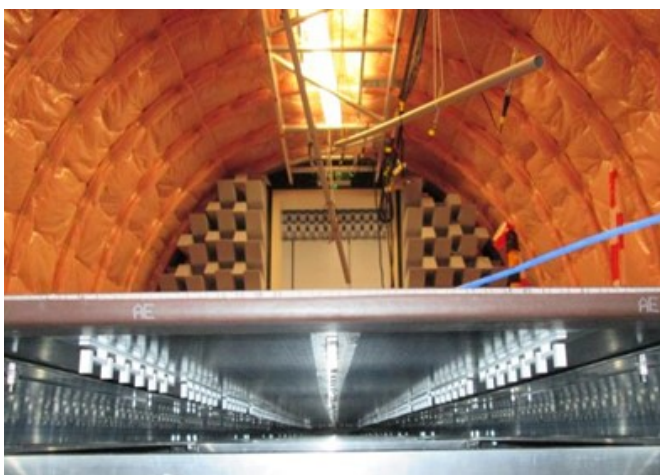


Abbildung 3: Anwendung resonanter Strukturen auf einem Fußbodenpaneel.

Die Testergebnisse zeigen eine Reduktion der abgestrahlten Schallintensität von 7 - 10dB im Bereich der Resonanzfrequenz der  $\mu$ -DVA (ohne Teppich). Zudem stellt sich u.a. durch Herstellungstoleranzen ein bereiteres Plateau ein, welches günstig für die Auslegung ist.

Wird das Paneel mit Teppich beklebt, reduziert sich aufgrund der zusätzlichen Masse und der

Dämpfungseigenschaften der Effekt auf 3dB. Die Performance ließe sich durch größere Massen verbessern.

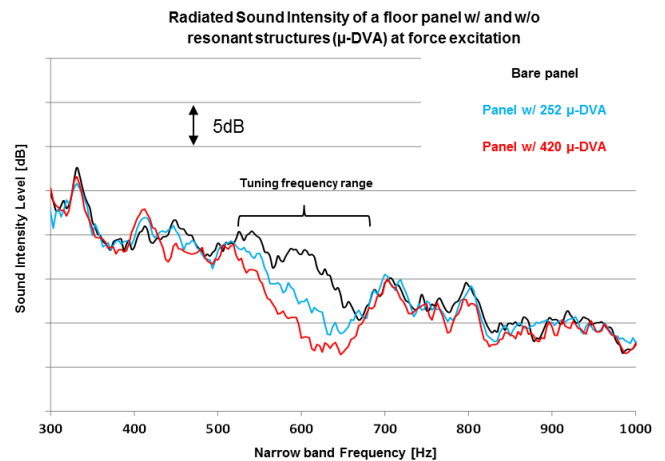


Abbildung 4: Änderung der abgestrahlten Schallintensität eines Fußbodenpaneels durch Aufbringen resonanter Mikrostrukturen bei Shaker-Anregung.

### Anwendung selbst-adaptierender Dämpfer

Passive Schwingungsdämpfer sind in vielen Bereichen der Vibrationsminderung Standard. Hingegen sind passive Systeme, die sich selbst anpassen weitestgehend neu. Daher wurden bei Airbus Versuche mit Prototypen sich selbst adaptierender Schwingungsdämpfer [3] zur Vibrationsdämpfung in Fußbodenstrukturen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass selbst für den Frequenzbereich um 500Hz diese Technologie eingesetzt werden kann.

### Zusammenfassung

Die Integration einstellbarer, akustischer Materialien ermöglicht es auf späte Änderungen und unvorhergesehene akustische Problemstellungen gezielt und kostengünstig zu reagieren. Voraussetzungen dafür sind zugelassene Designprinzipien, die in Flugzeugkomponenten bereits integriert sind und in der Herstellung auf die speziellen Eigenschaften abgestimmt werden können.

### Danksagung

Die Autoren möchten Ihren Dank an Dr. Christopher Fuller, Mats Gustavsson und Dr. Claus Claeys ausdrücken, die das jeweilige Initialdesign zur Verfügung gestellt haben.

### Literatur

- [1] Fuller C., Kondylas K.: Active/passive distributed absorber for vibration and sound radiation control", US Patent US20060131103A1, 2005
- [2] Claeys C. et al., 2017: Design and validation of meta-materials for multiple structural stopbands in waveguides. Extreme Mechanics Letters, vol.12 , pp. 7-22,
- [3] Gustavsson M., 2016, A self-adaptive resonant device and its use for noise control in turbo-prop aircraft, Conference Proceedings Inter Noise 2016