



Adaptronik Center of Excellence

Dr.-Ing. H. P. Monner

Dr.-Ing. J. Riemenschneider

15.02.2011 von 09:00 Uhr – 17:00 Uhr Golden Tulip Hamburg

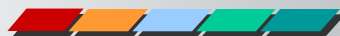
Abschlussworkshop CFK-Rumpf NG

Aktive Struktur-Akustik-Regelung (ASAC)

S. Algermissen, M. Misol, O. Unruh



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft



Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik

Leitprojekt CFK Rumpf NG

Aktive Struktur-Akustik Regelung (ASAC)

Problemstellung

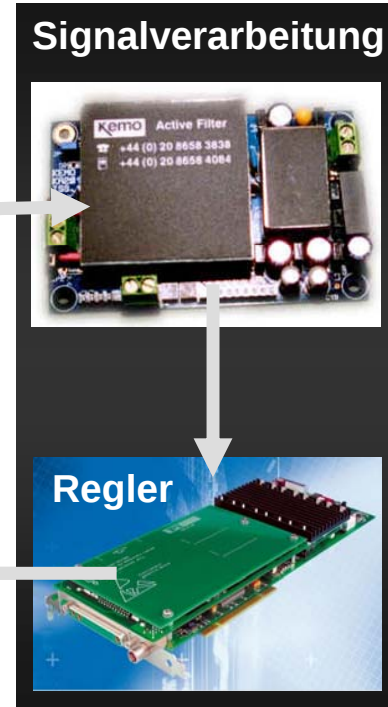
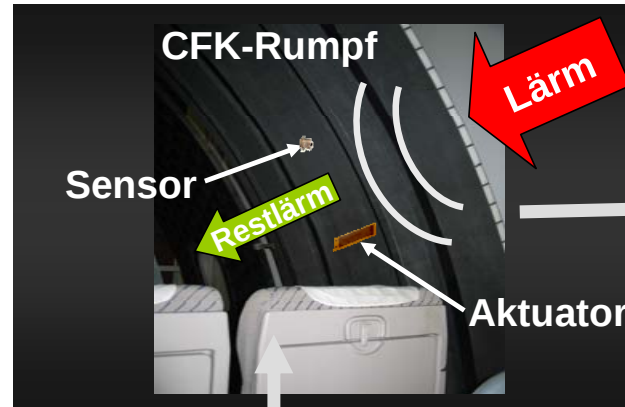
- Erhöhte Schalltransmission durch CFK-Rumpfstrukturen
- Reduktion des Passagierkomforts

Zielsetzung

- Leichtbaugerechte Erhöhung der tieffrequenten Schalldämmung
- Auslegung und Vermessung eines gekrümmten CFK-Paneels mit aktivem Lärmreduktionssystem

Kontext der Untersuchungen

- Flankierende Untersuchungen zum Projekt SIMKAB (LuFoIV-3)



Quellen: Kemo Ltd (oben) / Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG (unten)

Ziel: Verbesserung des Reisekomforts durch aktive Lärmreduktion



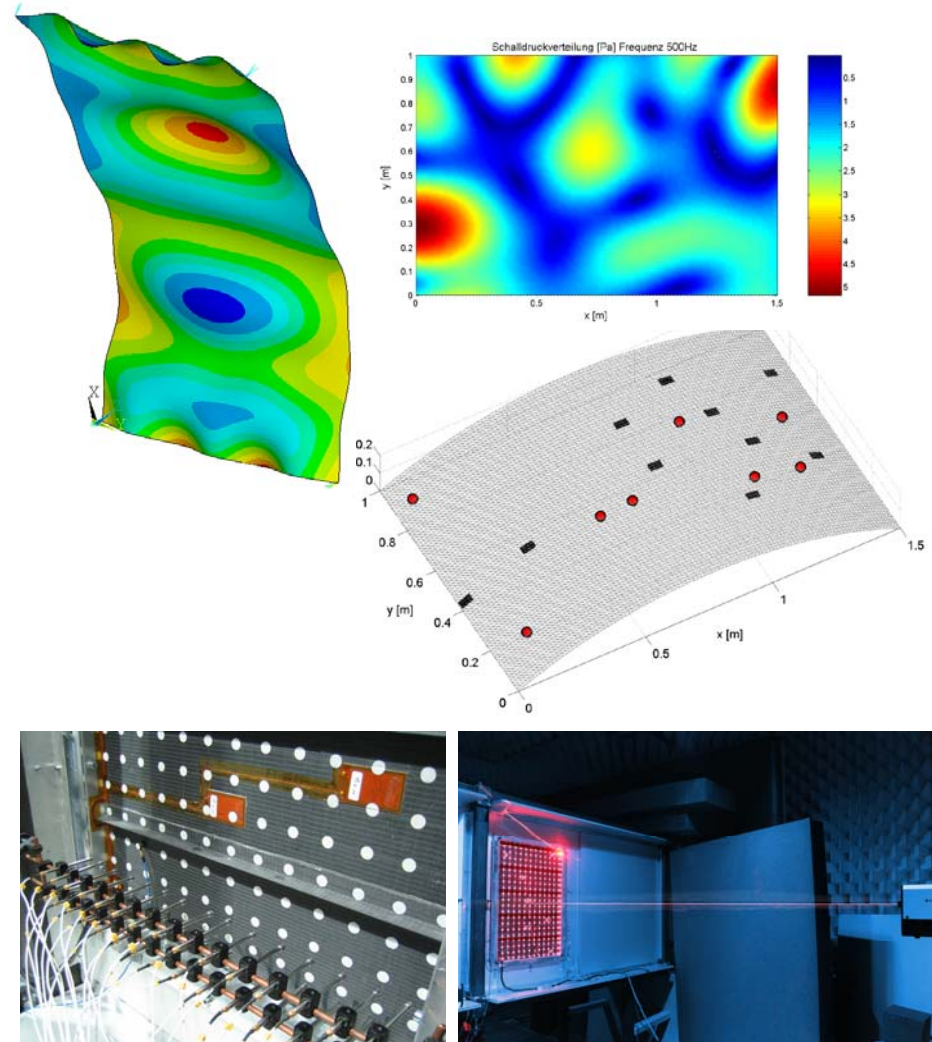
ASAC-Prozesskette

- Modellierung von Anregung, aktiver Struktur und Schallabstrahlung
- Simulation der Schalltransmission
- Optimierung von Aktuatorik und Sensorik

Simulation

- Fertigung der Struktur
- Applikation von Aktuatorik und Sensorik
- Systemidentifikation
- Reglerentwurf
- Vibroakustische Vermessung

Experiment



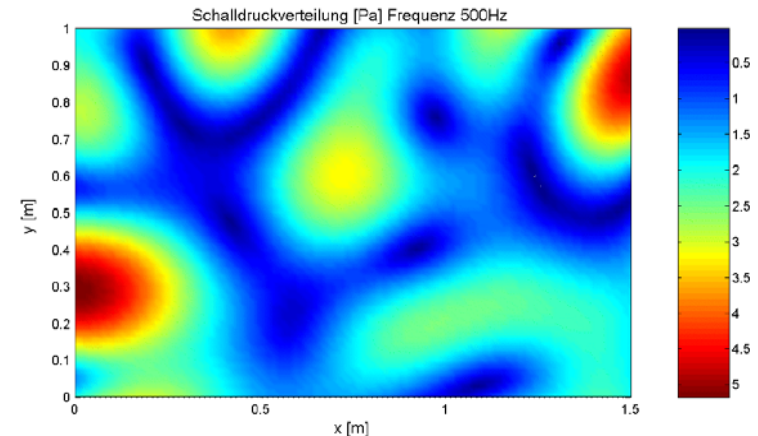
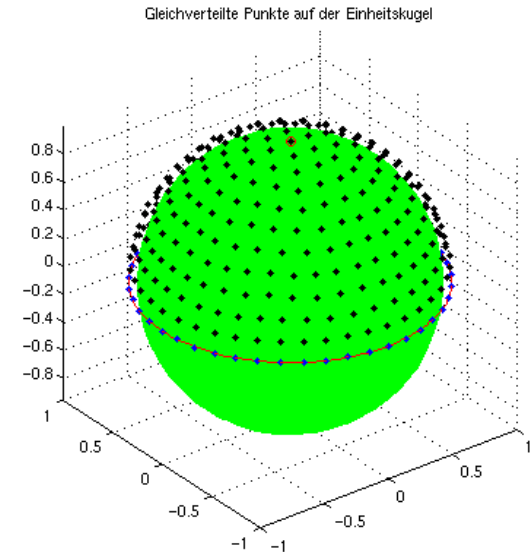
Methodik: Numerische Auslegung und experimentelle Umsetzung



Simulation - Modellierung der Erregerkräfte

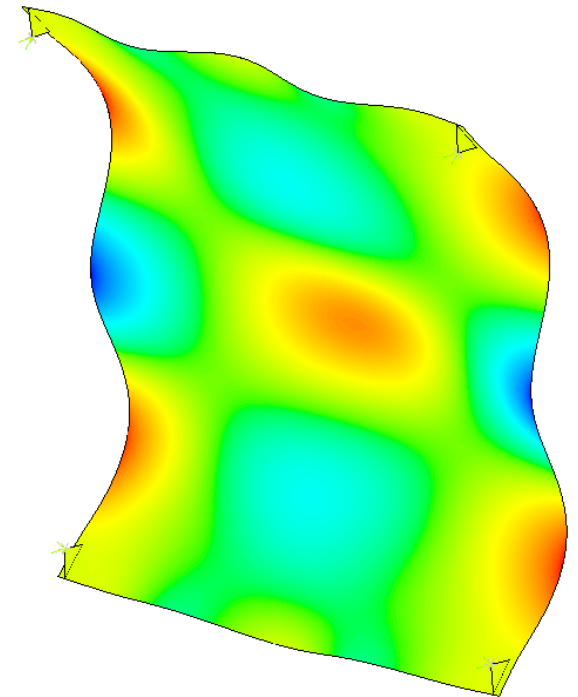
- Diffuses Schallfeld als Strukturanregung
- Gleichmäßig verteilte Punktschallquellen in großer Entfernung zur Struktur mit gleicher Quellstärke und stochastisch verteilter Phasenlage
- 11 Breitengrade für Quellverteilung auf Halbkugel mit Radius von 100m
- Vorgabe des mittleren Schalldruckpegels auf der Struktur durch Vorgabe der Schnelle der Punktschallquellen oder durch gewünschtes Spektrum

$$\langle p \rangle = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{i=1}^N |p_i(\underline{x})|^2}$$



Simulation - Modellierung der Strukturdynamik

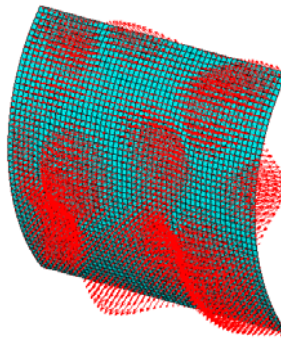
- Dynamisches Strukturmodell in ANSYS®
- Triaxiale Federlagerung in den Plattenecken
- Modalanalyse bis 1000 Hz ergibt 255 Strukturmoden
- Starrkörpermoden unter 50 Hz
- Export der Strukturmoden (50Hz bis 1000Hz) in die ASAC-Prozesskette in Matlab®
- Integration der Aktuatorik und Sensorik durch modale Korrekturterme
- Effiziente Beschreibung der Strukturdynamik des aktiven CFK-Paneels im Modalraum



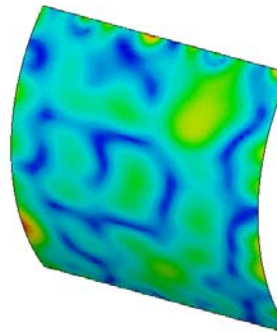
Eigenform bei 153 Hz

Simulation - Modellierung der Schallabstrahlung

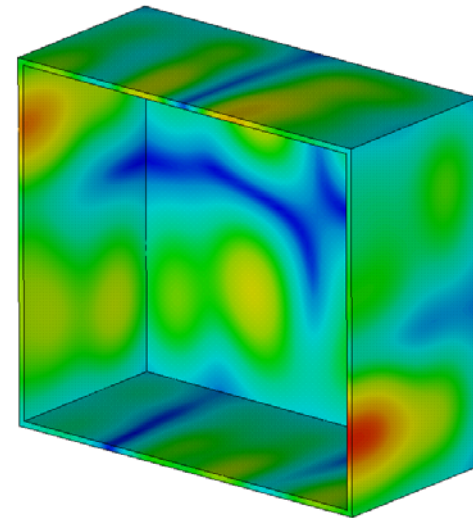
- Berechnung der Schalltransmission durch das CFK-Paneel als Grundlage für die numerische Optimierung der Aktuatorik
- Abschätzung der Wirksamkeit des ASAC-Systems



Diffusfeld



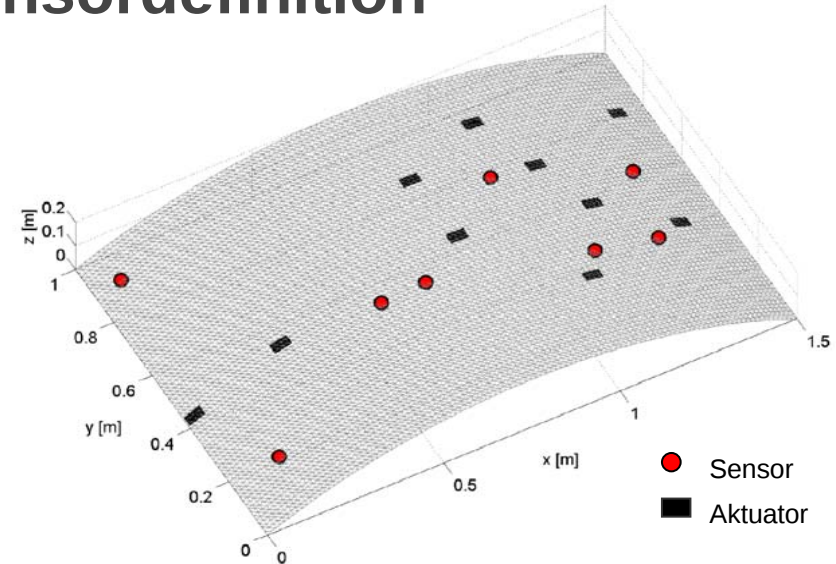
Strukturantwort



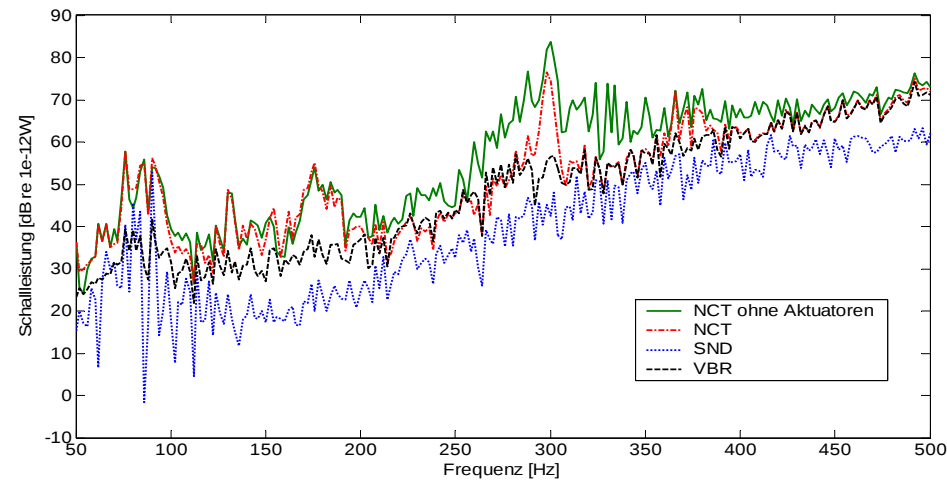
Schalldruck

Ergebnisse – Aktuator- und Sensordefinition

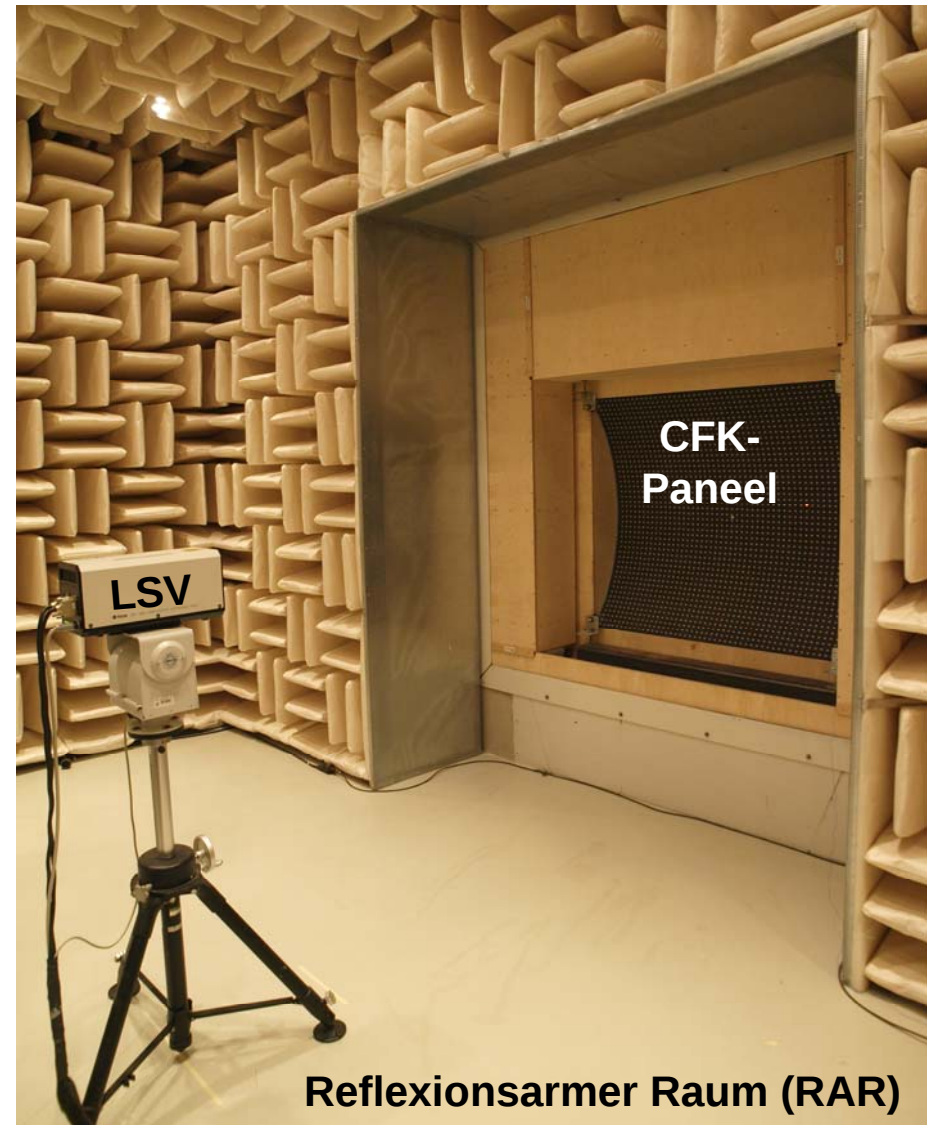
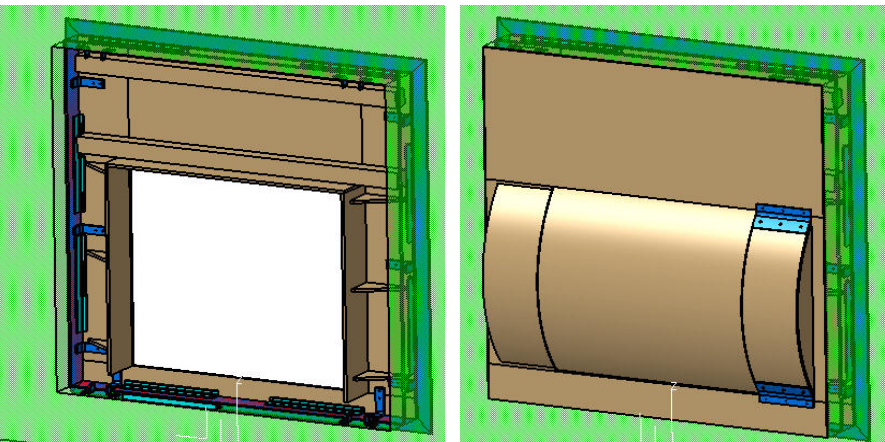
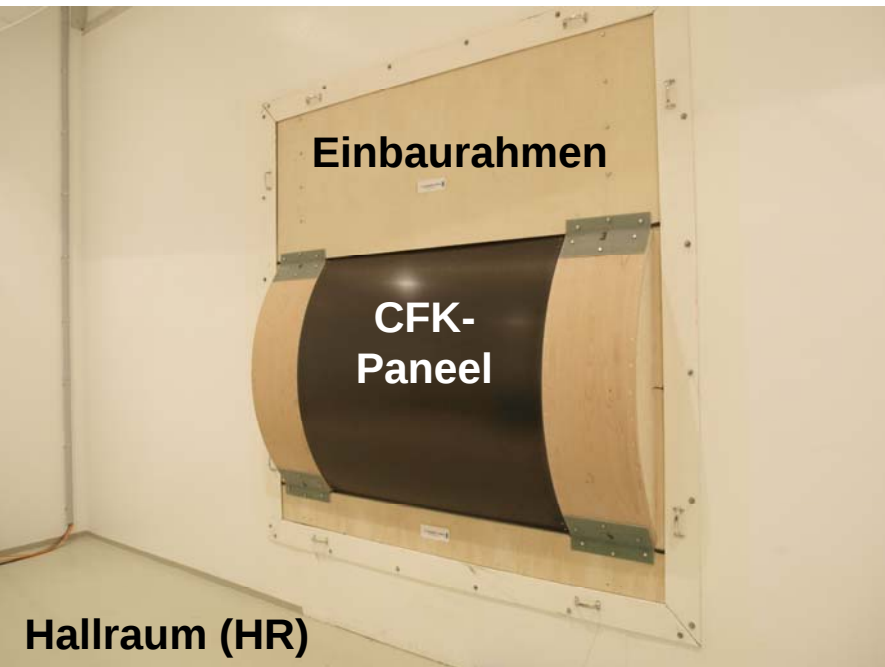
- **10 Piezo-Flächenaktuatoren**
 - Abmaße 61x35x0.8 mm³
 - Masse pro Aktuator 7,2 g
 - Amplitude max. 500 V
- **8 Beschleunigungssensoren**



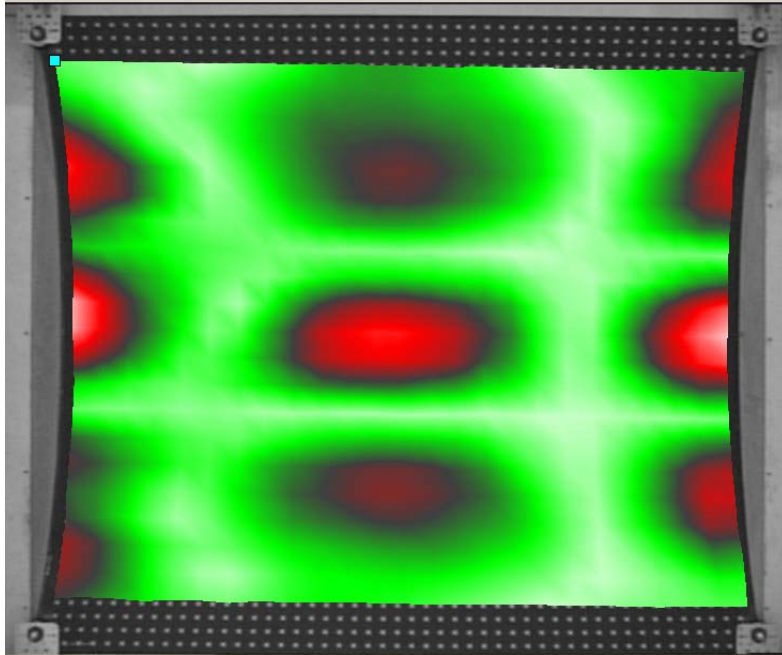
- **Berechnete Schallleistung des gekrümmten Panels**
 - Ungeregelt (NCT)
 - AVC - Active Vibration Control (VBR)
 - ASAC - Active Structural Acoustic Control (SND)



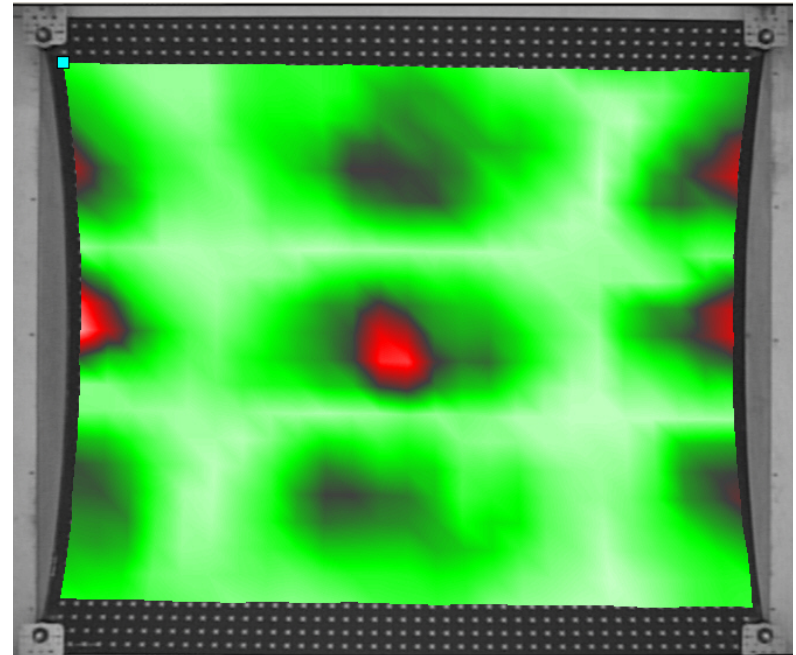
Experiment – Konstruktion, Fertigung und Einbau



Ergebnisse – Vibrationsmessungen



ODF bei 135Hz (Kraftanregung)

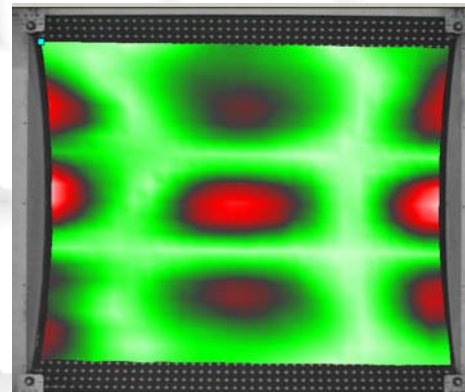
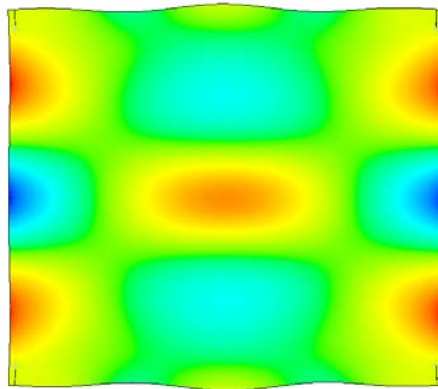


ODF bei 135Hz (akustische Anregung)

- Die Wirksamkeit eines ASAC-Systems mit Feedback-Regelung ist maximal in Bereichen der Strukturresonanzen
- Die Betriebsschwingformen (ODF) zeigen eine starke Anregung der Strukturresonanzen durch das akustische Diffusfeld

Zusammenfassung

- Entwicklung von numerischen Verfahren zur optimierten Auslegung eines ASAC-Systems für gekrümmte, unversteifte CFK-Strukturen
- Ableitung einer optimalen Aktuator- und Sensorkonfiguration
- Numerische Leistungsabschätzung des ASAC-Systems
- Fertigung eines CFK-Prüfkörpers und Einbau in den akustischen Transmissionsprüfstand Braunschweig (ATB)
- Vermessung der Strukturvibrationen bei Kraft- und Schallanregung
- Akustische Vermessung des aktiven CFK-Paneels bis Ende Q1 2011



Ausblick

- **„MS3302: Wirksamkeit des ASAC-Systems experimentell validiert“**
 - Applikation der optimierten Aktuatorik und Sensorik
 - Systemidentifikation und Reglerentwurf
 - Experimentelle Vermessung und Auswertung der akustischen Wirksamkeit des ASAC-Systems im ATB
- **Neue Fragestellungen**
 - Anwendung der Technologie auf gekrümmte, versteifte CFK-Paneele im Rahmen von SIMKAB (LuFoIV-3)
 - Anwendbarkeit und Potenzial der Technologie für CROR-Lärmreduktion im Rahmen von ECCO (DLR)
 - Übertragbarkeit auf aktive Sekundärstrukturen im Rahmen von SINTEG (LuFoIV-3)
- **Kooperationsbedarf**
 - Airbus: Anwendungsforschung im Bereich CROR-Lärmreduktion

Forschungsteam

Experte für Numerik

Oliver Unruh

Tel.: 0531/295-2376

Oliver.Unruh@dlr.de

Experte für Regelung

Stephan Algermissen

Tel.: 0531/295-2347

Stephan.Algermissen@dlr.de

Experte für Steuerung

Malte Misol

Tel.: 0531/295-3230

Malte.Misol@dlr.de



Adaptronik

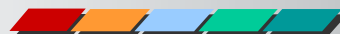
Center of Excellence

Dr.-Ing. H. P. Monner

Dr.-Ing. J. Riemenschneider



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft



Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik

Leitprojekt CFK Rumpf NG