acoustex 2019
the sound of innovation
in industry

Fachmesse für Noise-Control und Sound-Design
01. – 02. Oktober 2019

Modellierung und Berechnung in der Akustik

Materialdesign und akustikgerechtes Konstruieren

Tobias Ring, Institut für Akustik, TU Braunschweig

INSTITUT FÜR AKUSTIK

Institut für Akustik – TU Braunschweig

Leitung: Prof. Dr.-Ing. Sabine C. Langer

Gründung: 01/2019

12 Mitarbeiter/Innen

Adresse
TU Braunschweig
Institut für Akustik
Langer Kamp 19
38106 Braunschweig

INSTITUT FÜR AKUSTIK

Institut für Akustik – Agile Labore für Forschung und Lehre

Acoustic Engineering
Leitung: Sebastian Rothe

Computational Acoustics
Leitung: Christopher Blech

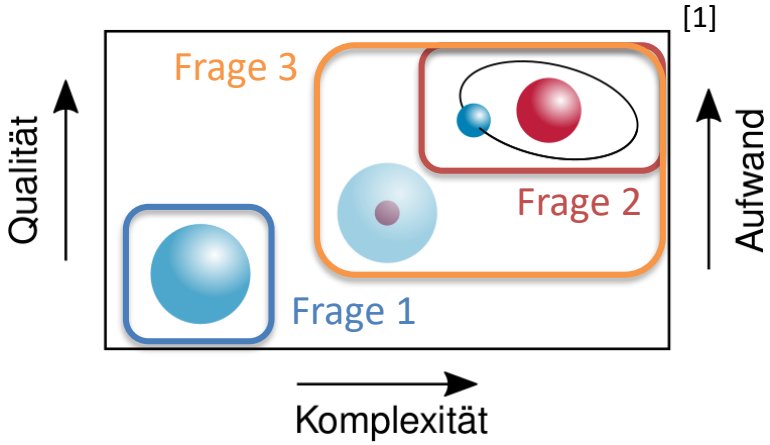
Models & Systems
Leitung: Tobias Paul Ring

Tobias Paul Ring
Wiss. Mitarbeiter seit 2014
Forschungsthemen
- Akustische Messtechnik
- Parameteridentifikation
- Modellierungstechniken

Agenda

- Einführung in die Modellbildung
- Berechnungsmethoden der Akustik
- Berechnungsbeispiele
  - Schalldämm-Maß unter Unsicherheiten
  - Parameteridentifikation poröser Medien
  - Lärmbewertung zukünftiger Luftverkehrssysteme
- Zusammenfassung und Ausblick

Modellbildung – Modelle und ihre Eignung



Modelle sind…

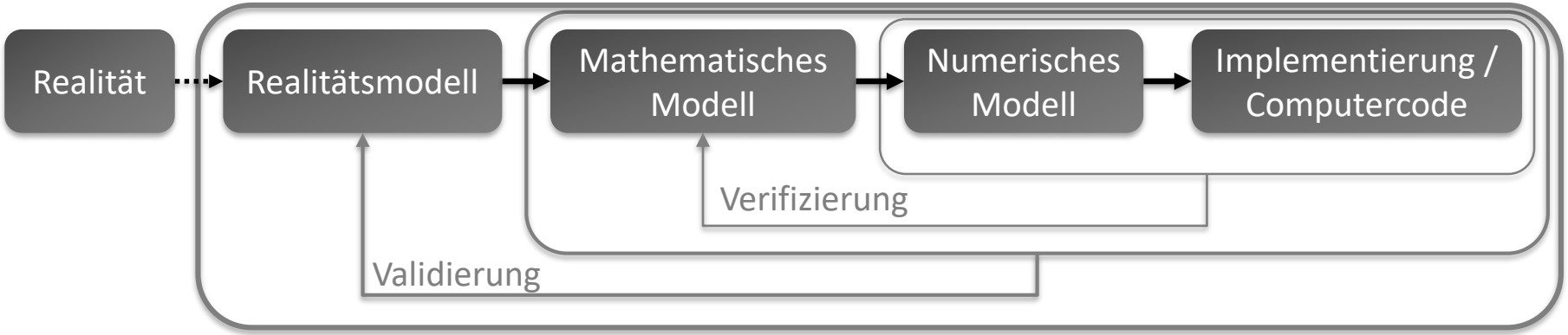
- … Abbilder (eines Teils) der Realität
- … subjektive Rezeption eines Beobachters
- … Kommunikationsmedium der Realität

Angepasste Modellierung erforderlich!

[1] Promotionsvortrag Tobias Ring, 2019, (unveröffentlicht)

Modellierung – der Modellierungsprozess

[1]



Werk des Modellierers

Realität … das, was tatsächlich passiert

Realitätsmodell … das, was ein Beobachter von der Realität wahrnimmt

Mathematisches Modell … mathematische Beschreibung des Realitätsmodells

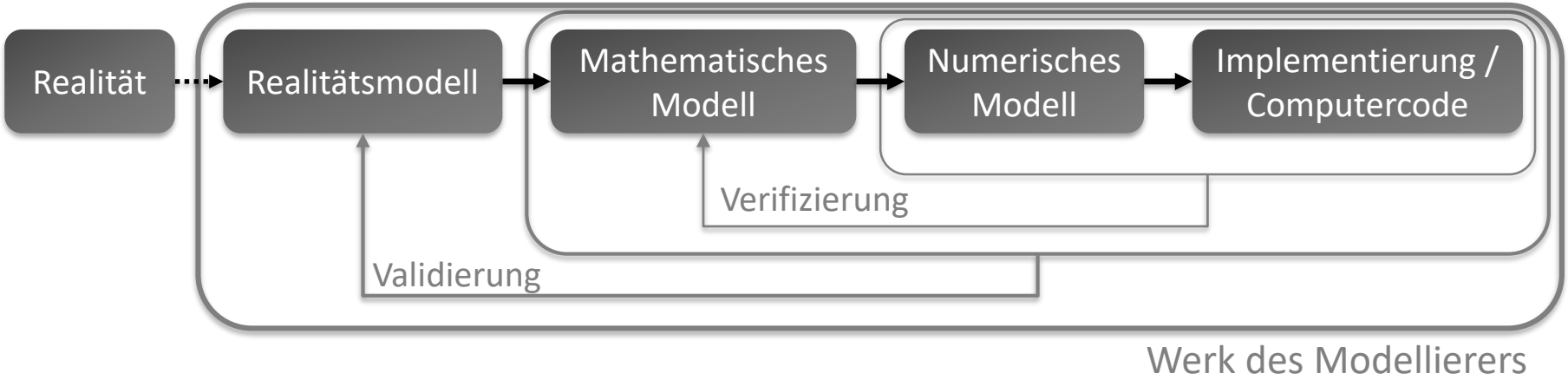
Numerisches Modell … numerische Näherung des mathematischen Modells

Implementierung … Repräsentation des numerischen Modells im Computer

[1] Quelle: Promotionsvortrag Tobias Ring, 2019, (unveröffentlicht)

Modellierung – der Modellierungsprozess

[1]



Verifizierung… Überprüfung, ob Numerik und Implementierung die Mathematik korrekt abbilden

Validierung… Überprüfung, ob die Modellierung geeignet ist, die Frage zu beantworten

[1] Quelle: Promotionsvortrag Tobias Ring, 2019, (unveröffentlicht)

Berechnungsmethoden in der Akustik

Diskretisierungsverfahren

Finite-Elemente Methode (FEM)

- Wellenauflösend
- Flexibel bzgl. Randbedingungen
- Eignung für Innenraumprobleme

Randelemente Methode (BEM)

- Wellenauflösend
- Reduktion der Dimensionalität
- Eignung für Außenraumprobleme

Geometrische / Energie-Verfahren

Verfahren der geometrischen Akustik

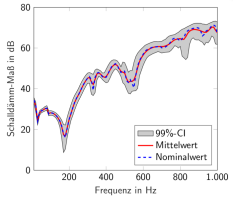
- Eher Hochfrequent einsetzbar
- Vereinfachung als Schallstrahl
- Für Welleneffekte bedingt geeignet

Energiebasierte Verfahren

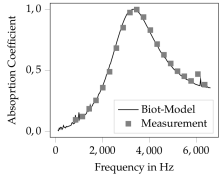
- Hochfrequent einsetzbar
- Berechnung mittlerer Energien
- Geeignet für große Systeme

Berechnungsbeispiele

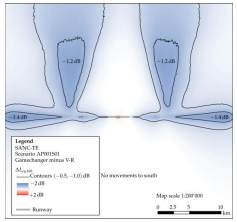
- Berechnung des Schalldämm-Maßes unter Unsicherheiten



- Inverse Parameteridentifikation poröser Medien



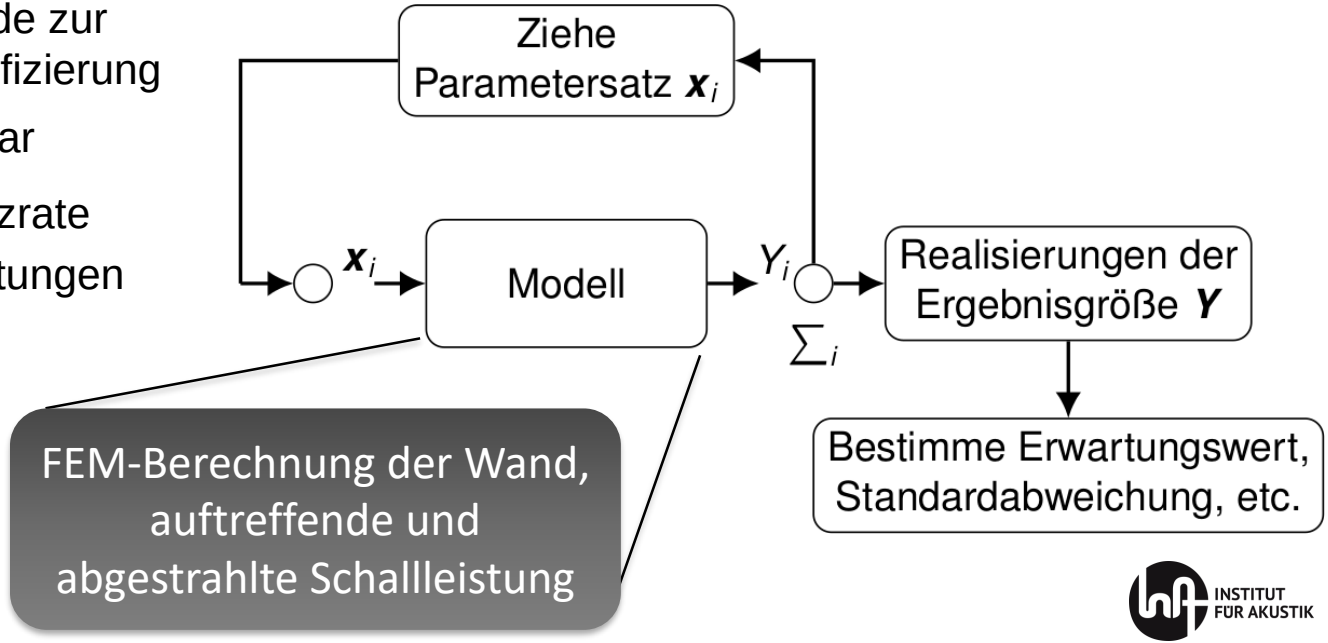
- Immissionsprognose und Bewertung von Fluglärm



INSTITUT FÜR AKUSTIK

Unsicherheitsquantifizierung des Schalldämm-Maßes – Methode

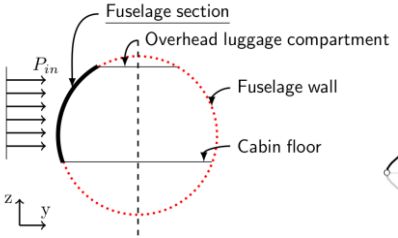
- Monte Carlo Methode zur Unsicherheitsquantifizierung
- Universell anwendbar
- Geringe Konvergenzrate
- Viele Modellauswertungen erforderlich

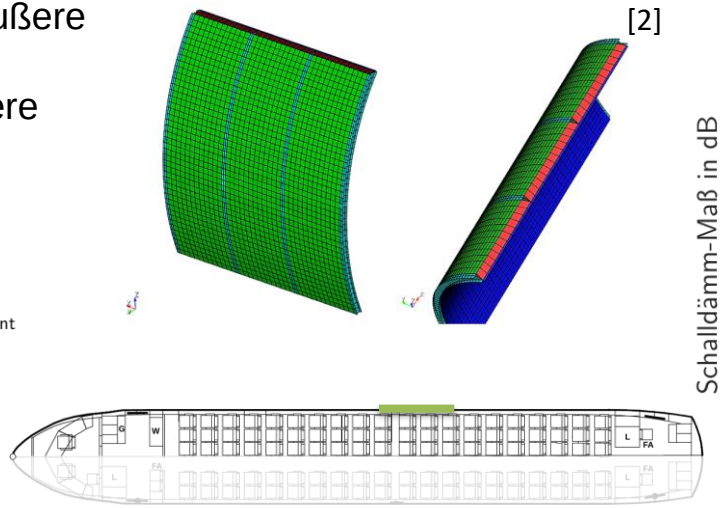


Unsicherheitsquantifizierung des Schalldämm-Maßes – Ergebnis

Unsichere Parameter

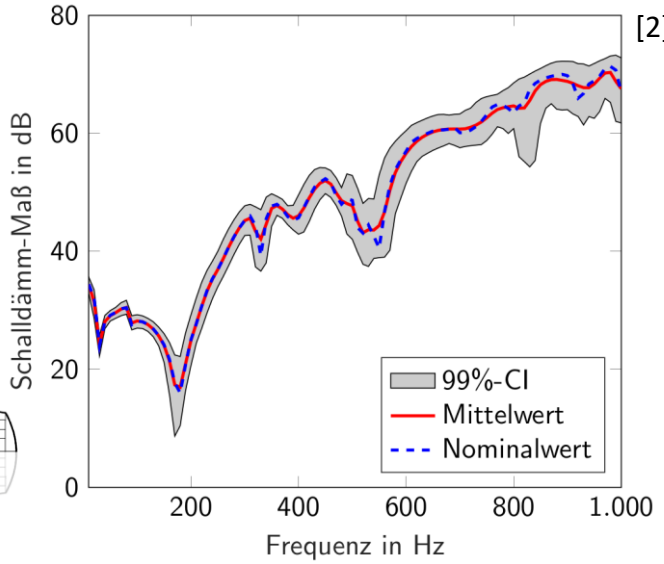
- Dicke / E-Modul äußere Wandschale
- Dicke / Dichte innere Wandschale
- Eigenschaften des Füllmaterials





[2]

Ergebnis: 200 MC-Simulationen

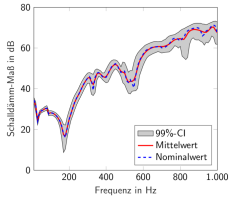


[2]

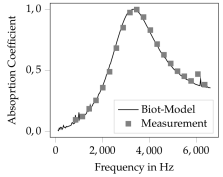
[2] Shreyas Guruprasad, Christopher Blech, Ulrich Römer, Hermann Matthies, Sabine C. Langer; Uncertainty Quantification of numerical transmission loss calculations of an aircraft fuselage section, DAGA 2018

Berechnungsbeispiele

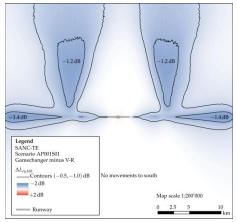
- Berechnung des Schalldämm-Maßes unter Unsicherheiten



- Inverse Parameteridentifikation poröser Medien



- Immissionsprognose und Bewertung von Fluglärm



Parameteridentifikation poröser Materialien – Materialmodelle

- Modellierung poröser Medien mit homogenisierenden Modellen (keine Auflösung der Struktur)

- Große Zahl Parameter erforderlich
  - Porosität
  - Strömungswiderstand
  - Tortuosität
  - u.v.w.m.

Modellklassen

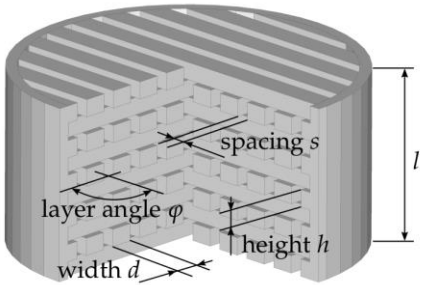
Äquivalente Fluide (starres Skelett)

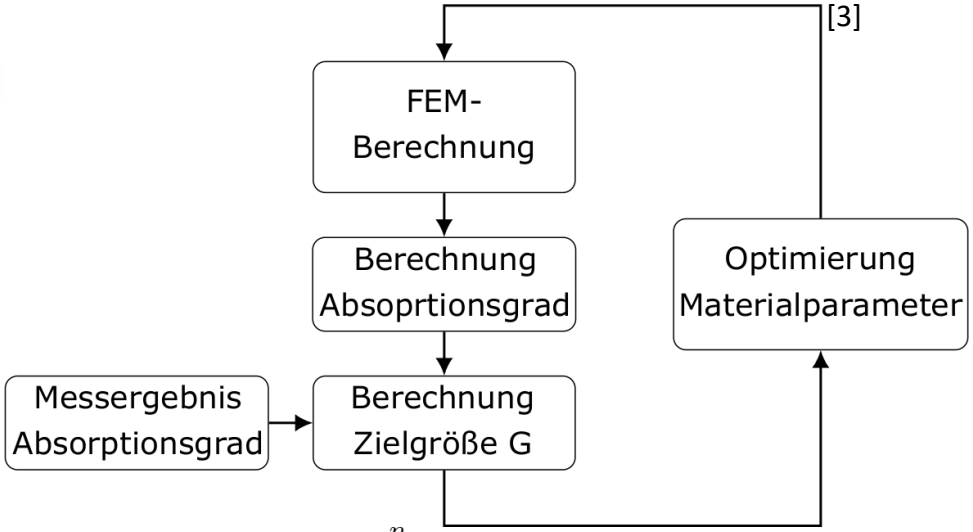
- Nur Druck in der Fluidphase
- Ein Wellentyp
- Vertreter: Delany-Bazley (-Miki), Johnson-Champoux-Allard-Lafarge

Biot-Modell (elastisches Skelett)

- Druck in Fluidphase und Verschiebung des Skeletts
- Drei Wellentypen

Parameteridentifikation poröser Materialien – Parameteroptimierung





$$G = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\alpha_{\text{Messung}}\left(f^i\right) - \alpha_{\text{FEM}}\left(f^i\right)\right)^2$$

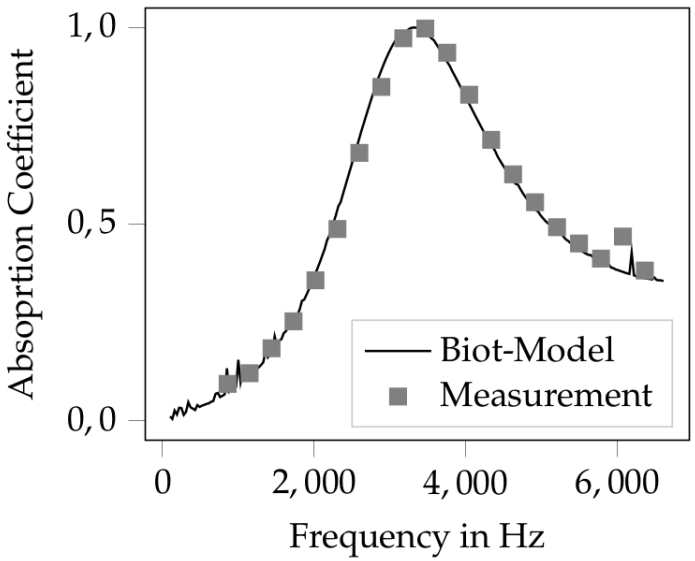
- 3D-gedruckte poröse Materialien
- Modellierung mit Biot-Modell
- Inverse Ermittlung der Biot-Parameter aus gemessenem Absorptionsgrad

[3] Tobias Ring and Sabine C. Langer, Design, experimental and numerical characterization of 3D-printed porous absorbers, Materials, 2019, accepted

Parameteridentifikation poröser Materialien – Ergebnisse

Parameter	Wert
E-Modul	3,6 MPa
Dichte (Struktur)	1,24 kg/m³
Poisson-Zahl	0,4
Dämpfung	0,1
Dichte (Luft)	1,225 kg/m³
Strömungswiderstand (spez.)	21.750 Pa s/m4
Porosität	0,41
Tortuosität	1,96
Viskose charakt. Länge	105,04 µm
Thermale charakt. Länge	100,82 µm

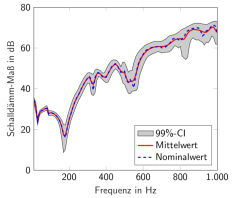
[3]



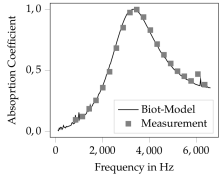
[3] Tobias Ring and Sabine C. Langer, Design, experimental and numerical characterization of 3D-printed porous absorbers, Materials, 2019, accepted

Berechnungsbeispiele

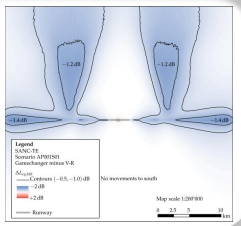
- Berechnung des Schalldämm-Maßes unter Unsicherheiten



- Inverse Parameteridentifikation poröser Medien

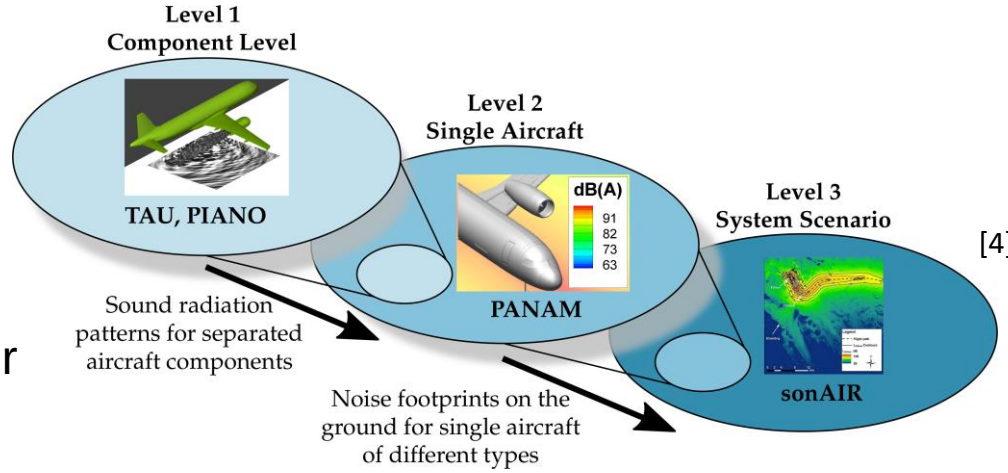


- Immissionsprognose und Bewertung von Fluglärm



Schallimmissionsbewertung für Fluglärm-Szenarien – Methodik

- Multi-Skalen Ansatz
- Kopplung verschiedener Modellierungsdomänen
- Ziel: Lärmbewertung zukünftiger Luftverkehrssysteme



[4]

[4] Jan Delfs, Lothar Bertsch, Christoph Zellmann, Lennart Rossian, Ehsan Kian Far, Tobias Ring and Sabine C. Langer; Aircraft Noise Assessment—From Single Components to Large Scenarios, MDPI Energies, 2018

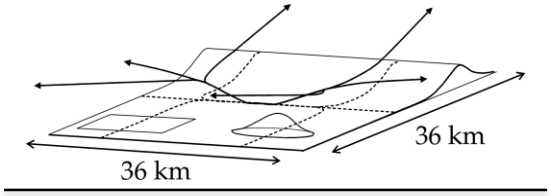
Schallimmissionsbewertung für Fluglärm-Szenarien – Ergebnis

[4]

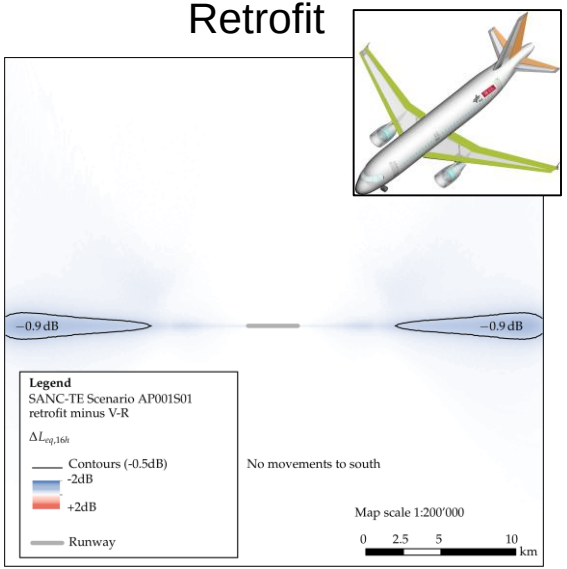
Referenz: A320

175.198 simulierte Flüge

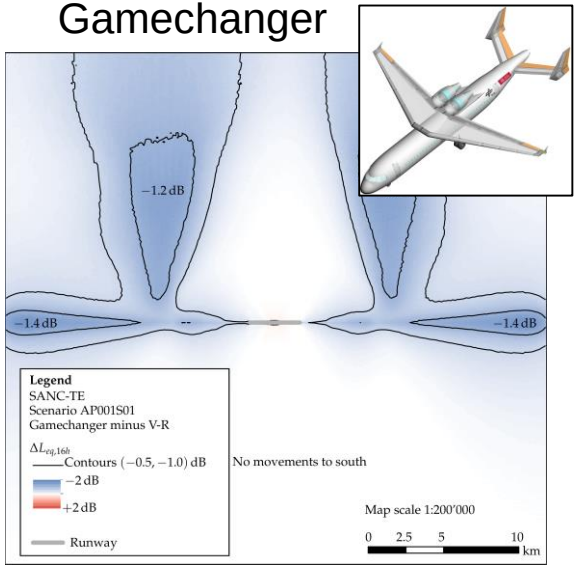
Generischer Flughafen SANC-TE



Retrofit



Gamechanger



[4] Jan Delfs, Lothar Bertsch, Christoph Zellmann, Lennart Rossian, Ehsan Kian Far, Tobias Ring and Sabine C. Langer; Aircraft Noise Assessment—From Single Components to Large Scenarios, MDPI Energies, 2018

Zusammenfassung & Ausblick

- Auswahl geeigneter Modelle ist essentiell für erfolgreiche Berechnung
- Anwendungen der FEM im Bereich der Materialcharakterisierung und Unsicherheitsquantifizierung
- Lärmprognose mit geeigneten Ausbreitungsmodellen

Acoustic Engineering
„Intrinsisches akustisches Design in frühen Phasen der Produktentwicklung“

Computational Acoustics
„Entwicklung robuster Lösungen gekoppelter Fluide und Strukturen“

Models & Systems
„Bereitstellung angepasster Modelle zur Berechnung akustischer Systeme“

acoustex

acoustex 2019
the sound of innovation
in industry

Fachmesse für Noise-Control und Sound-Design

01. – 02. Oktober 2019

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Tobias Ring
Institut für Akustik, TU Braunschweig
Mail: t.ring@tu-braunschweig.de
Tel.-Nr.: +49 531 391-8773

INSTITUT FÜR AKUSTIK