

„Modelle der physikalischen Akustik“

Programm und Kurzfassungen der Vorträge **(Stand: 21.10.2021)**

26. Workshop „Physikalische Akustik“ im Physikzentrum Bad Honnef, gemeinsam veranstaltet vom Fachausschuss Physikalische Akustik der Deutschen Gesellschaft für Akustik (DEGA) und vom Fachverband Akustik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG)

Donnerstag, 21.10.2021

Mittlerer Hörsaal (im rechten Seitenflügel, 1. OG)	
9:30	Willkommen Christian Adams, Joachim Bös, Matthias Klärner, Ivor Nissen
9:40	1. Modelle in der Hydroakustik Ivor Nissen Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung, WTD71, Kiel
10:20	2. Ansatz und Anwendungen der energiebasierten Finite-Elemente-Methode <u>Boris Dilba</u> , Sören Keuchel, Henning Lohmann, Olgierd Zaleski Novicos GmbH, Hamburg
11:00	Kaffeepause
11:20	3. Ein Multi-Modell-Ansatz zur Beschleunigung akustischer Berechnungen <u>Tobias P. Ring</u> , Steffen Hoffmann, Christopher Blech, Sabine C. Langer TU Braunschweig, Institut für Akustik
12:00	4. Gekoppelte elektrodynamische und mechanische Modelle zur Berechnung von Oberflächenwellen in akustischen Mikrosystemen Stefan Jacob Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden
12:40	Mittagessen
13:40	gemeinsame Sitzung des Fachausschusses Physikalische Akustik der Deutschen Gesellschaft für Akustik (DEGA) und des Fachverbands Akustik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG)
14:20	5. Überströmte Schallabsorber Anita Schulz TU Berlin, Institut für Strömungsmechanik und Technische Akustik
15:00	6. Identifikation der Materialparameter klassischer Gitarren auf Basis parametrisch modellordnungsreduzierter Finite Elemente <u>Alexander Brauchler</u> , Pascal Ziegler, Peter Eberhard Universität Stuttgart, Institut für Technische und Numerische Mechanik
15:40	Kaffeepause

16:00	7. MOR-Methode zur effizienten Lösung akustischer Problemstellungen <u>Thomas Michaelis, Stefanie Retka</u> → entfällt leider krankheitsbedingt Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt
16:00	8. Towards realistic damage modelling using quadtree decomposition in the context of ultrasonic guided waves-based SHM <u>Daniel Lozano^a, Jannis Bulling^a, Hauke Gravenkamp^b, Jens Prager^a, Carolin Birk^c</u> ^a Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Akustische und elektromagnetische Verfahren; ^b International Centre for Numerical Methods in Engineering (CIMNE), Barcelona, Spanien; ^c Universität Duisburg-Essen
ca. 16:40	Ende des Vortragsprogramms am Donnerstag
ab 19:00	gemeinsames Abendessen im Lichtenberg-Keller

Freitag, 22.10.2021

Mittlerer Hörsaal (im rechten Seitenflügel, 1. OG)	
9:00	9. Ray Tracing in der Atmosphäre: Gekrümmte Pfade als Basis für die Auralisierung von Fluglärm <u>Philipp Schäfer, Michael Vorländer</u> RWTH Aachen, Institut für Hörtechnik und Akustik
9:40	10. Fraktionale Ableitungen in der Modellierung für die Strukturdynamik Jörg Bienert TH Ingolstadt, Professur für Akustik und Technische Mechanik
10:20	Kaffeepause
10:40	11. Modellierung der Strukturintensität <u>Nikolai Kleinfeller, Christian Adams, Tobias Melz</u> Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet SAM
11:20	12. Effiziente Bewertung der abgestrahlten Schallleistung von dünnwandigen Bauteilen → entfällt leider krankheitsbedingt Matthias Klärner TU Chemnitz, Institut für Strukturleichtbau
11:20	13. Gegenüberstellung der Modellhäuser, gemeinsame Diskussion und Zusammenfassung Christian Adams, Joachim Bös, Matthias Klärner, Ivor Nissen
12:20	gemeinsames Mittagessen (Ende des Workshops)

Kurzfassungen/Inhalte der Vorträge

Donnerstag, 21.10.2021

2. Ansatz und Anwendungen der energiebasierten Finite-Elemente-Methode

Boris Dilba, Sören Keuchel, Henning Lohmann, Olgierd Zaleski
Novicos GmbH, Hamburg

Die Berechnung von hochfrequenter Schallausbreitung und Abstrahlung stellt mit klassischen Methoden wie der Finite-Elemente-Methode (FEM) und der Randelemente-Methode (BEM) auch mit vergleichsweise hohen Rechenkapazitäten derzeitig ein Problem dar. Es besteht hier die Möglichkeit, auf energiebasierte Rechenmethoden wie die Statistische Energie Analyse (SAE), oder die energiebasierte Finite-Elemente-Methode (EFEM) zurückzugreifen. Durch Beschränkung auf Energiegrößen erhält man ein Gleichungssystem mit einer im Vergleich zur FEM reduzierten Anzahl an Freiheitsgraden. Zudem kann eine gröbere Diskretisierung gewählt werden. Dazu werden in diesem Beitrag zunächst die mathematischen Ansätze aufgezeigt. Für die Berechnung der Schallabstrahlung von Strukturen ist die Bestimmung des Abstrahlgrades erforderlich. Dazu existieren unterschiedliche Ansätze. Diese werden untereinander verglichen und auf ihre Eignung in verschiedenen Anwendungsbereichen untersucht. Abschließend werden EFEM-Ergebnisse aus unterschiedlichen Anwendungsgebieten im Hinblick auf Genauigkeit und Rechenzeit vorgestellt.

3. Ein Multi-Modell-Ansatz zur Beschleunigung akustischer Berechnungen

Tobias P. Ring, Steffen Hoffmann, Christopher Blech, Sabine C. Langer
TU Braunschweig, Institut für Akustik

Gemäß dem „Modellkonzept der Erkenntnis“ bedarf jegliche Begegnung eines denkenden Wesens mit der Welt eines Modells. Findet ein Ereignis in der Realität statt und wird dieses beobachtet (oder imaginiert), so generiert die/der Beobachter/-in eine Vorstellung von diesem Ereignis. Diese Vorstellung ist bereits ein Modell in dem Sinne, dass es abbildend (d. h. Attribute des Originals enthaltend), verkürzend (d. h. Teile des Originals weglassend) und pragmatisch (d. h. nur für den Zweck dieses Ereignisses verwendbar) ist. Dies ist das Realitätsmodell. Basierend auf dem Realitätsmodell erstellen Ingenieure/-innen häufig weitere Modelle: Das mathematische Modell beschreibt das Realitätsmodell mit Differenzialgleichungen; das numerische Modell ermöglicht Näherungslösungen des mathematischen Modells; eine Implementierung ermöglicht die Berechnung konkreter Ergebnisse mit Computern. Auf allen genannten Ebenen sind jeweils eine Mannigfaltigkeit an Modellen für einen Zweck möglich, die/der Modellierer/-in wählt basierend auf der Erfahrung geeignete Modelle aus. Die Auswahl auf allen Ebenen beeinflusst das Ergebnis der Untersuchung. Eine Alternative besteht im Ansatz eines Multi-Modell-Verfahrens. Dabei werden durch die/den Anwender/-in nur Modellalternativen definiert, das Verfahren wählt das jeweils geeignetste Modell für eine bestimmte Fragestellung aus; dabei kann zwischen hoher Effizienz und hoher Genauigkeit abgewogen werden. Der vorliegende Beitrag stellt zunächst den Modellierungsprozess vor und leitet aus diesen Möglichkeiten zur Erzeugung alternativer Modelle ab. Das Verfahren wird auf ein Berechnungsbeispiel aus der Strukturdynamik basierend auf Diskretisierungsverfahren angewendet. Dabei wird die Schwingungsantwort eines einfachen Systems (Balken/Platte, mehrschichtiger Aufbau) unter Verwendung mehrerer alternativer Modelle (homogenisierter Aufbau, vereinfachte/ komplexe auflösende Beschreibung) berechnet.

6. Identifikation der Materialparameter klassischer Gitarren auf Basis parametrisch modellordnungsreduzierter Finite Elemente

Alexander Brauchler, Pascal Ziegler, Peter Eberhard

Universität Stuttgart, Institut für Technische und Numerische Mechanik

Die klassische Gitarre ist ein beliebtes Saiteninstrument aus Holz, dessen Klang durch einen gekoppelten mechanischen Prozess entsteht. Typischerweise bestehen die verschiedenen Teile einer Gitarre aus verschiedenen Holzarten. Die Variabilität der Materialparameter der verwendeten Holzarten sorgt dafür, dass auch baugleiche Instrumente unterschiedliche Übertragungsverhalten aufzeigen und somit jedes Instrument einen individuellen Klang entwickelt. In diesem Beitrag wird ein Verfahren vorgestellt, mit dem die Identifikation der einflussreichsten Materialparameter einer fertiggestellten Gitarre möglich ist. Zunächst werden dafür die modalen Parameter einer spezifischen Gitarre durch eine experimentelle Modalanalyse bestimmt. Die Gitarre wird dann anhand von CT-Scans detailliert modelliert und für die Finite-Elemente-Methode diskretisiert. Das Modell beinhaltet neben der detaillierten Geometrie die orthotropen Materialparameter der verschiedenen Holzarten und die Fluid-Struktur-Interaktion zwischen dem Korpus und der darin eingeschlossenen Luft. Dieses mathematische Modell soll darauffolgend zur Identifikation der Materialparameter der realen Gitarre verwendet werden. Hierzu muss das parametrisierte Modell sehr häufig ausgewertet werden, was zu sehr langen Rechenzeiten führt. Aus diesem Grund wird ein Moment-Matching-Verfahren zur parametrischen Modellordnungsreduktion angewandt, mit dem die Modellordnung und damit die Rechenzeit signifikant reduziert werden kann, während die Parameterabhängigkeit im reduzierten Modell erhalten bleibt. Dieses effiziente Modell macht dann die Parameteridentifikation in einem höherdimensionalen Parameterraum möglich.

8. Towards realistic damage modelling using quadtree decomposition in the context of ultrasonic guided waves-based SHM

Daniel Lozano^a, Jannis Bulling^a, Hauke Gravenkamp^b, Jens Prager^a, Carolin Birk^c

^a Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Akustische und elektromagnetische Verfahren;

^b International Centre for Numerical Methods in Engineering (CIMNE), Barcelona, Spanien; ^c Universität Duisburg-Essen

In the context of ultrasonic guided waves for structural health monitoring and damage assessment, a key is the use of realistic numerical models. A promising method to create such models that resemble more closely the actual damage is image-based modelling. This technique relies on the fact that most information regarding the shape of a damage can be obtained using non-invasive techniques, such as ultrasound or X-ray computed tomography. Because of the high-resolution image, it is possible to convert geometrical information and integrate it into a computational domain for further analysis. One way to do this is the use of quadtree meshes. Quadtree meshes are created by converting the intensity of the pixels to quadrilateral cells. The same intensity pixels result in one quad, whereas fine features such as intensity gradients and discontinuities can be resolved by producing smaller quads in the dedicated areas.

This paper describes the use of quadtree meshes in combination with the Scaled Boundary Finite Element Method (SBFEM). The SBFEM allows using polygonal elements so that mesh incompatibilities and hanging nodes issues can be avoided. The damage domain, also called quadtree domain, is embedded into the waveguide, which is mostly undamaged. The semi-analytical nature of the SBFEM allows modelling arbitrarily long undamaged regions of the waveguides without an increase of the computational time. This facilitates an efficient simulation of the wave interaction with damage. Examples show the numerical validity of this approach. Moreover, an improvement to overcome the issues related to the staircase approximation of edges is presented. Finally, real data is used for demonstrating the method's capabilities.

9. Ray Tracing in der Atmosphäre: Gekrümmte Pfade als Basis für die Auralisierung von Fluglärm

Philipp Schäfer, Michael Vorländer

RWTH Aachen, Institut für Hörtechnik und Akustik

Mithilfe der Auralisierung können echte Szenen, wie Flugzeugüberflüge, in einer virtuellen Umgebung sehr realitätstreu wiedergegeben werden. Die Auralisierung von Lärmsituationen kann dabei helfen, besser zu verstehen, wie Lärm wahrgenommen wird (z. B. durch Hörversuche). Des Weiteren kann den Betroffenen durch eine Auralisierung ein besserer Zugang zu einer Lärmsituation gegeben werden, als dies durch eine Darstellung von Lärmpegelwerten oder Lärmkarten geleistet werden kann. Um solche Szenarien zu auralisieren, ist ein Modell für die Schallausbreitung in der Atmosphäre notwendig. Aufgrund der Mediumsbewegung (Wind) sowie der Inhomogenität der Wetterparameter sind die Schallpfade in der Atmosphäre typischerweise gekrümmmt. Auf der anderen Seite sind wir für die Auralisierung nur an den Schallpfaden (Schallstrahlen) interessiert, die eine Schallquelle – also das Flugzeug – mit einem Hörer am Boden verbinden. Die Berechnung dieser sogenannten „Eigenrays“ soll zudem möglichst schnell erfolgen, da für dynamische Szenen sukzessiv viele Simulationen durchgeführt werden müssen. Das Framework des „Atmospheric Ray Tracing“ (ART) wurde zu diesem Zweck entwickelt. Die besonders effiziente Methode des "Adaptiven Ray Zoomings" erlaubt es, Eigenrays in kürzester Zeit zu bestimmen. Dabei wird die Anzahl der zu simulierenden Strahlen drastisch reduziert. Der Vortrag geht auf das zugrunde liegende Modell sowie die Implementierung des Frameworks ein.

10. Fraktionale Ableitungen in der Modellierung für die Strukturdynamik

Jörg Bienert

TH Ingolstadt, Professur für Akustik und Technische Mechanik

In der Maschinenakustik erfolgt die Schallabstrahlung meist über die Oberflächen (z. B. Gehäuse) von Maschinen. Neben der Anregung spielt dabei die Strukturdynamik eine wesentliche Rolle. Die Oberflächenschnelle wird durch das Resonanzverhalten bestimmt und die Spitzenamplituden hängen hauptsächlich von der Dämpfung ab. Die Dämpfungsmodellierung ist also essenziell. Ausgehend vom ungedämpften System wird in der Regel geschwindigkeitsproportionale, lineare Dämpfung angesetzt. Vielfach wird dies noch vereinfacht, um mit reellen Eigenvektoren auszukommen. Das reicht oft bei schwach gedämpften Systemen aus, ist aber bei stark gedämpften Strukturen unzureichend. Um die Anpassung an die Realität in Form von Versuchsdaten zu verbessern, geht der Ansatz der fraktionalen Ableitungen über die allgemeine geschwindigkeitsproportionale Dämpfung hinaus. Die Dämpfung wird über eine (n/m) -te Ableitung statt der 1. Ableitung formuliert. Der zusätzlich gewonnene, freie Parameter verbessert die Anpassung an das Experiment. In dem Vortrag werden die mathematischen Ansätze der fraktionalen Ableitung erklärt und die Auswirkung am 1-FHG-System aufgezeigt. Die Verallgemeinerung auf Mehrfreiheitsgradsysteme schließt sich an. Der Ausblick auf eine Umsetzung in der Systemidentifikation rundet das Thema ab.