

AKUSTIK (AK)

Sigrun Hirsekorn
 Fraunhofer-Institut für zerstörungsfreie Prüfverfahren
 Universität Saarbrücken
 Geb. 37
 66123 Saarbrücken
 E-Mail: sigrun.hirsekorn@izfp.fraunhofer.de

ÜBERSICHT DER HAUPTVORTRÄGE UND FACHSITZUNGEN
 (Hörsaal TU EB222)

Hauptvorträge

AK 1.1	Fr	10:15	(TU EB222)	Moderne zerstörungsfreie Ultraschallprüfverfahren von Komponenten und Werkstoffen , <u>Walter Arnold</u>
AK 1.2	Fr	10:45	(TU EB222)	Anwendung der Phased Array Technik bei der Ultraschallprüfung , <u>A. Erhard</u> , D. Tscharncke, G. Brekow, H.-J. Montag
AK 1.3	Fr	11:15	(TU EB222)	Zerstörungsfreie Spannkanaluntersuchung mit Ultraschall , <u>K. Mayer</u> , K.J. Langenberg, R. Marklein, M. Krause
AK 1.4	Fr	11:45	(TU EB222)	Möglichkeiten und Probleme der akustischen Laufzeit-Tomographie im audio-akustischem Frequenzbereich , <u>Peter Holstein</u> , Armin Raabe
AK 2.3	Fr	15:00	(TU EB222)	Interface acoustic waves in piezoelectric crystals , <u>Alexander Darinskii</u> , Manfred Weihnacht
AK 3.1	Sa	08:30	(TU EB222)	Forces that shape cells: Acoustic microscopical investigations into cellular dynamics , Jürgen Bereiter-Hahn
AK 3.3	Sa	09:30	(TU EB222)	Messung der lokalen Schallgeschwindigkeit in einzelnen Zellen mittels zeitaufgelöster akustischer Mikroskopie , <u>Eike C. Weiss</u> , Robert Lemor
AK 3.4	Sa	10:30	(TU EB222)	Akustische Kommunikation bei Insekten: Anpassungen an die Physik , <u>Heiner Römer</u>
AK 3.6	Sa	11:30	(TU EB222)	Drug Delivery from Jetting Cavitation Bubbles , <u>Claus-Dieter Ohl</u> , Manish Arora, Detlef Lohse
AK 4.1	Mo	10:15	(TU EB222)	UP-SCALING METHODS IN POROELASTICITY AND DOUBLE-POROSITY GEOMECHANICS , James G. Berryman
AK 4.5	Mo	11:45	(TU EB222)	Seismic imaging of geodynamic processes , <u>Stefan Buske</u> , Stefan Lueth, Sergei Shapiro, Christof Sick, Peter Wigger, Mi-Kyung Yoon
AK 4.6	Mo	14:00	(TU EB222)	Konvertierte seismische Wellen-eine neue Methode zum Studium der tiefen Lithosphäre , <u>Rainer Kind</u>
AK 4.7	Mo	14:30	(TU EB222)	Seismicity resulting from self-organized critical stress states , <u>Sebastian Hainzl</u> , Gert Zöller
AK 5.1	Di	10:30	(TU EB222)	Entropieschall - Experimenteller Nachweis und Beitrag zum Fluglärm , <u>Friedrich Bake</u> , Ulf Michel, Ingo Röhle
AK 5.2	Di	11:00	(TU EB222)	Numerische Untersuchung der Schallabstrahlung durch eine eingeschlossene Drallflamme. , <u>Christoph Richter</u> , Lukasz Panek, Frank Thiele, Martin Liu, Berthold Noll
AK 5.3	Di	11:30	(TU EB222)	Lärmentstehung in pilotierten Drallflammen , <u>Dipl.-Ing. C. Bender</u> , Dr.-Ing. P. Habisreuther, Priv. Doz. Dr.-Ing. habil H. Büchner, Prof. Dr.-Ing. H. Bockhorn
AK 5.4	Di	12:00	(TU EB222)	Large Eddy Simulation and Particle Image Velocimetry of an Isothermal Swirling Flow , <u>Felix Flemming</u> , Amsini Sadiki, Johannes Janicka, Johann Wäsle, Anton Winkler, Thomas Sattelmayer

AK 5.5	Di	14:00	(TU EB222)	Determining the sound radiated by combustion by means of the Equivalent Source Method (ESM) and the Boundary Element Method (BEM) , Rafael Piscoya, Haike Brick, Martin Ochmann, Peter Költzsch
AK 5.6	Di	14:30	(TU EB222)	Acoustic perturbation equations for reacting flows , <u>Thanh Phong Bui</u> , Matthias Meinke, Wolfgang Schröder
AK 5.7	Di	15:00	(TU EB222)	An evaluation of coupling techniques for combined LES/LEE approaches to calculate aerodynamically generated noise , <u>Wim De Roeck</u> , Gustavo Rubio, Yves Reymen, Martine Baelmans, Wim Desmet
AK 5.8	Di	16:00	(TU EB222)	Measurement and simulation of the acoustical impedance of an internal combustion engine exhaust. , <u>Rene Boonen</u> , Paul Sas
AK 5.9	Di	16:30	(TU EB222)	Das Lattice-Boltzmannverfahren in der Strömungsakustik , <u>Andreas Wilde</u>
AK 5.10	Di	17:00	(TU EB222)	Hybrides Modell zur Simulation der Schallausbreitung im Freien , <u>Sebastian Hampel</u> , Sabine Langer, Heinz Antes

Fachsitzungen

AK 1	Akustische Methoden in der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung (Sitzungsorganisation: Sigrun Hirsekorn, Saarbrücken)	Fr	10:15–14:30	TU EB222	AK 1.1–1.6
AK 2	Hochfrequenzakustik - akustische Oberflächenwellen (Sitzungsorganisation: Eduard Chilla, Teltow)	Fr	14:30–15:45	TU EB222	AK 2.1–2.4
AK 3	Ultraschall in Biologie und Medizin (Sitzungsorganisation: Robert Lemor, St. Ingbert)	Sa	08:30–12:00	TU EB222	AK 3.1–3.6
AK 4	Physikalische Seismologie (Sitzungsorganisation: Sergei A. Shapiro, Berlin)	Mo	10:15–15:30	TU EB222	AK 4.1–4.9
AK 5	Thermo- und Strömungsakustik (Sitzungsorganisation: Martin Ochmann und Rafael Piscoya, Berlin)	Di	10:30–17:30	TU EB222	AK 5.1–5.10

Fachsitzungen

– Haupt- und Kurzvorträge –

AK 1 Akustische Methoden in der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung (Sitzungsorganisation: Sigrun Hirsekorn, Saarbrücken)

Zeit: Freitag 10:15–14:30

Raum: TU EB222

Hauptvortrag

AK 1.1 Fr 10:15 TU EB222

Moderne zerstörungsfreie Ultraschallprüfverfahren von Komponenten und Werkstoffen — ●WALTER ARNOLD — Fraunhofer-Institut für zerstörungsfreie Prüfverfahren, Saarbrücken

Komponenten und Halbzeuge werden zur Qualitätssicherung häufig mit Ultraschallverfahren zerstörungsfrei geprüft. Abhängig von der Geometrie und Art des Fehlers werden dabei Volumen-, Oberflächen- und geführte Wellen eingesetzt. Zum Empfang und zur Auswertung der an Fehlern reflektierten Ultraschallsignale werden dabei neben dem Echolotverfahren, synthetische Aperturverfahren, ALOK, Gruppenstrahler oder andere Techniken benützt. Abhängig von der Ultraschallschwächung des zu untersuchenden Materials, können Fehler bis in den in den Submillimeter Bereich nachgewiesen werden. Dieser Beitrag diskutiert die physikalischen Grundlagen der verschiedenen Techniken anhand konkreter Anwendungen, z.B. Prüfung von Pipelines, Eisenbahnräder, Schienen oder Implantate. Weiterhin werden Ultraschallstremethoden zur Charakterisierung der Mikrostruktur von Werkstoffen z.B. Messung der Einhärtetiefe in Stählen, und Schallgeschwindigkeitsmessungen zur Bestimmung mechanischer Spannungen vorgestellt. Prüfgeräte und Ultraschallwandler werden ebenfalls diskutiert, ebenso nichtlineare Effekte in der Wellenausbreitung.

Hauptvortrag

AK 1.2 Fr 10:45 TU EB222

Anwendung der Phased Array Technik bei der Ultraschallprüfung — ●A. ERHARD, D. TSCHARNTKE, G. BREKOW und H.-J. MONTAG — Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Unter den Eichen 87; 12205 Berlin, Germany

Obwohl die Phased Array- oder auch Gruppenstrahlertechnik seit Jahrzehnten der Fachwelt bekannt ist und insbesondere in der Medizin ein breites Anwendungsfeld einnimmt, ist die Anwendung in der zerstörungsfreien Prüfung mit Ultraschall nur schleppend vorangegangen. Die Gründe sind vielfältiger Art, angefangen von den hohen Investitionskosten für eine solche Gerätetechnik bis hin zum Regelwerk, welches eine Prüfung mit dieser Technik nicht explizit vorgesehen hat. Umso erfreulicher ist es, dass in jüngster Zeit die Anwendung dieser Technik immer mehr Einzug in die Prüfpraxis und das Regelwerk hält. In diesem Beitrag werden Beispiele für den Einsatz der Gruppenstrahlertechnik von Beginn bis zur heutigen Zeit vorgestellt und gezeigt für welche Anwendungen diese Technik mit Vorteil gegenüber konventionellen eingesetzt werden kann. Dabei wird unterschieden in Techniken zum Nachweis von Fehlern und in solche, mit denen für eine sicherheitstechnische Abschätzung der Bauteilintegrität die Fehlergröße bestimmt werden kann.

Hauptvortrag

AK 1.3 Fr 11:15 TU EB222

Zerstörungsfreie Spannkanaluntersuchung mit Ultraschall — ●K. MAYER¹, K.J. LANGENBERG¹, R. MARKLEIN¹ und M. KRAUSE² — ¹Universität Kassel — ²Bundesanstalt für Materialprüfung Berlin

Die Zerstörungsfreie Prüfung von Betonbauteilen hat in den letzten Jahren besondere Bedeutung erlangt, da der Instandsetzungsaufwand aufgrund der Altersstruktur von z.B. Brücken erheblich angestiegen ist. Fragestellungen wie z.B. der Verfüllungsgrad von Spannkämen sind wegen der Korrosion von Spannstäben von besonderem Interesse. Beton ist wegen seiner Zuschläge und dem Luftporengehalt ein stark mehrfachstreuendes Material. Metallhüllrohre werden von Ultraschallwellen (US) im 50kHz Bereich erreicht und durchdrungen.

Mit Hilfe der Elastischen Finiten Integrationstechnik (EFIT) werden Schallfelder von herkömmlichen US-Prüfköpfen, von US - Phased Arrays oder von Punktkontakt Prüfköpfen simuliert und das Strahlungsverhalten mit Laservibrometern vermessen und visualisiert. Die Analyse der reflektierten Signale erfolgt mit dreidimensionalen Abbildungsverfahren (SAFT: Synthetic Aperture Focusing Technique). Ergebnisse zur Testkörpersimulation, zu Spannkanaluntersuchungen und zur Si-

mulation und Visualisierung von Ultraschallwellen, in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Materialprüfung im Rahmen einer DFG-Forschergruppe, werden präsentiert.

Hauptvortrag

AK 1.4 Fr 11:45 TU EB222

Möglichkeiten und Probleme der akustischen Laufzeit-Tomographie im audio-akustischen Frequenzbereich — ●PETER HOLSTEIN¹ und ARMIN RAABE² — ¹Steinbeis Transfer Zentrum für „Technische Akustik und angewandte Numerik“, Margarethenweg 9a, 04425 Taucha — ²LIM, Universität Leipzig, Fak. für Physik und Geowissenschaften, Stephanstr. 3, 04103 Leipzig

Im Beitrag werden die Möglichkeiten der akustischen Tomografie im audio-akustischen Frequenzbereich vorgestellt. Neben dem Potential der Methode, das sich in einer Reihe von neuen Anwendungsmöglichkeiten äußert, werden vor allem die physikalischen, signalverarbeitungstechnischen und akustischen Probleme diskutiert, deren Bewältigung für eine erfolgreiche Weiterentwicklung des Verfahrens zu bewältigen sind. Hierbei wird besonders auf den interdisziplinären Charakter des Verfahrens hingewiesen, der sich bereits im methodischen Ansatz zeigt [1]. Die daraus resultierenden methodischen Verbesserungen haben sowohl zur einer Erweiterung des Einsatzes als auch zu einer wesentlich erhöhten Genauigkeit beigetragen. Zur Illustration werden Anwendungsbeispiele vorgestellt, die die Skalierbarkeit und Flexibilität bezüglich Ausdehnung und Untersuchungsgegenstand aufzeigen.

[1] P. Holstein, A. Raabe, R. Müller, M. Barth, D. Mackenzie, E. Starke, Measurement Science and Technology, 15(2004)1420-1428

AK 1.5 Fr 14:00 TU EB222

Quantitative Akustische Emission zu Charakterisierung von Rissgeflechten im Salzgestein — ●HORST KÜHNICKE und EBERHARD SCHULZE — IZFP-Dresden, Krügerstraße 22, 01326 Dresden

Das zerstörungsfreie Prüfverfahren Akustische Emission beruht auf der Detektion elastischer Wellen, die von mikroskopischen Defekten unter mechanischer Belastung emittiert werden. Von Bauteil zu Bauteil übertragbare quantitative Parameter, wie Quellort, Orientierung der Rissflächen und Risstyp, erhöhen die Aussagesicherheit des Verfahrens und minimieren den Aufwand für die Ermittlung prüfobjektabhängiger empirischer Bewertungskriterien. Mit inversen Methoden, wie der so genannten Momententensoranalyse, können diese Parameter berechnet werden.

Die Anwendung inverser Methoden auf Messdaten, die in zwei Untertageponien für gefährliche Abfälle im Salinar aufgezeichnet wurden, dient dem Studium der zeitlichen und räumlichen Entwicklung von Rissgeflechten, die in der Umgebung unterirdischer Hohlräume durch den veränderten Gebirgsdruck entstehen. Die Durchlässigkeit des Gesteins wird durch die Größe, die Orientierung und die Zahl der Einzelrisse bestimmt. Von praktischem Nutzen sind diese Kenntnisse z.B. für den Einbau von Absperrbauwerken in Untertageponien, da die Durchlässigkeit der das Abschlussbauwerk umgebenden Gesteinsinformation eine wichtige Kenngröße für die Wirksamkeit der Abdichtung darstellt.

AK 1.6 Fr 14:15 TU EB222

Störungstheorie einmal anders: Störung in den Randbedingungen bei Coriolis-Durchflussmessern — ●KASSUBEK FRANK¹ und GEBHARDT JÖRG² — ¹ABB Schweiz AG, Corporate Research, CH-5405 Baden-Dätwil — ²ABB AG, Corporate Research Germany, Wallstädter-Str. 59, D-68526 Ladenburg

In den meisten Anwendungen von Störungstheorie werden kleine Störungen von Termen in der beschreibenden Differentialgleichung behandelt. Wir betrachten statt dessen Störungen in den Randbedingungen eines Systems von partiellen Differentialgleichungen.

Coriolis-Durchflussmesser können mithilfe von eindimensionalen Dif-

ferentialgleichungen (z.B. Bernoulli-Balkentheorie für Biegung) und zugehörigen Randbedingungen beschrieben werden. Die Differentialgleichungen beschreiben die Ausbreitung von Vibrationen entlang der Achse des Gerätes. Die Abhängigkeit der Eigenmoden und derer Eigenschaften von den Randbedingungen ist wesentlich für die Funktionsfähigkeit eines Durchflussmessers.

Störungstheorie in den Randbedingungen ist nichttrivial, da man hier nicht einfach in den Eigenfunktionen des ungestörten Systems ent-

wickeln kann: das gestörte System "lebt" in einem anderen Hilbert-Raum. Wir behandeln drei verschiedene Methoden, wie Änderungen der Randbedingungen dennoch behandelt werden können: (i) direkte Störungsentwicklung mit Randwertintegralen, (ii) Reihenentwicklung in den Randbedingungen, (iii) Entwicklung in den ungestörten Eigenfunktionen. Die verwendeten Methoden sind allgemein und können auch in verwandten Problemen eingesetzt werden.

AK 2 Hochfrequenzakustik - akustische Oberflächenwellen (Sitzungsorganisation: Eduard Chilla, Teltow)

Zeit: Freitag 14:30–15:45

Raum: TU EB222

AK 2.1 Fr 14:30 TU EB222

Surface and plate waves in the piezoelectric systems with random rough boundaries — ●A.V. OSETROV¹ and E. CHILLA² — ¹St. Petersburg State Electrotechnical University, Prof. Popov 5, 197376 St. Petersburg, Russia — ²Vectron International, Tele Filter GmbH, Potsdamer Str. 18, D-14513 Teltow, Germany

Theoretical and numerical solution was proposed for finding of surface and plate waves in piezoelectric half-infinite as well as and finite planar systems with random rough boundaries. No restrictions are introduced for the system material, hence arbitrary crystal class, cut of material, and direction of wave propagation can be investigated. The way of solution is well known transfer matrix approach, which was extended for the random rough boundary. Mechanical boundary conditions are free or clamped boundary, electrical boundary conditions are open or shorted boundary. Theoretical consideration of wave propagation with rough boundary was made in a frame of Rayleigh hypothesis. Statistical properties of boundary are described by the space correlation function, ensemble expectation of roughness is supposed to be equal zero. Ensemble expectation of solution can be done analytically and results in integrals over waves with different wave numbers. Boundary roughness results in appearance of damping for the major wave with existence of spurious bulk, surface and plate waves. Moreover additional waves can exist in such systems.

AK 2.2 Fr 14:45 TU EB222

Confinement of surface acoustic waves in AlN/GaN/ γ -LiAlO₂ acoustic wells — ●Y. TAKAGAKI¹, E. CHILLA², and K. H. PLOOG¹ — ¹Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik, Hausvogteiplatz 5-7, 10117 Berlin, Germany — ²Vectron International, Tele Filter GmbH, Potsdamer Str. 18, D-14513 Teltow, Germany

We numerically investigate the characteristics of surface acoustic waves (SAWs) in AlN/GaN/ γ -LiAlO₂ heterostructures. The large difference of the sound velocities in AlN and GaN leads to an expulsion of SAWs from the top AlN layer and their resultant relocation to the middle GaN layer in the short wavelength regime. The SAW velocity in the limit of zero wavelength is given by a bulk sound velocity of GaN, owing to the capping by the AlN barrier layer. The extra confinement of the SAW power in the acoustic well is advantageous in manipulating the operation of GaN-based devices by SAWs. The threshold velocity for the appearance of guided Rayleigh-like modes is found to be smaller than the bulk transverse sound velocity in the substrate. The present system provides furthermore unusual behaviour of SAWs.

Hauptvortrag

AK 2.3 Fr 15:00 TU EB222

Interface acoustic waves in piezoelectric crystals — ●ALEXANDER DARINSKII¹ and MANFRED WEIHNACHT² — ¹Institute of Crystallography, Russian Academy of Sciences, Leninskii pr. 59, Moscow 119333, Russia — ²Leibniz Institute for Solid State and Materials Research Dresden, P.O. 270016, D-01171 Dresden, Germany

A theoretical study has been made of interface acoustic waves (IAW) propagating in piezoelectric structures of arbitrary symmetry. The interfaces of four types have been considered. 1) Infinitesimally thin metallic layer inserted into homogeneous piezoelectric crystal of arbitrary symmetry. 2) Rigidly bonded crystals whose piezoelectric moduli differ by sign while the other material constants are identical. 3) Perfect sliding contact between identical media. 4) Dielectric gap between two identical piezoelectric. IAWs do not exist obligatory in these structures. We prove the theorems concerning the permissible number and existence conditions for purely localized (non-leaky) and leaky IAWs. We have also analyzed specific resonance singularities of the reflection coefficients for bulk waves; these singularities appear for the angles of incidence corresponding to the excitation of leaky IAW. The conditions for the occurrence of the resonance total reflection have been established. The numerical computations for LiNbO₃ and LiTaO₃ illustrate general conclusions.

AK 2.4 Fr 15:30 TU EB222

Acoustic waves measurements on SNGS crystals and determination of material constants — ●E. CHILLA¹, R. KUNZE², M. WEIHNACHT², J. BOHM³, R.B. HEIMANN⁴, M. HENGST⁴, and U. STRAUBE⁵ — ¹Vectron International, Tele Filter, Teltow, Germany — ²Leibniz Institute for Solid State and Materials Research, Dresden, Germany — ³Institute for Crystal Growth, Berlin, Germany — ⁴Department of Mineralogy, Technische Universität Bergakademie Freiberg, Freiberg, Germany — ⁵Department of Physics, Martin-Luther-University, Halle, Germany

We have determined the material parameters of SNGS ($Sr_3NbGa_3Si_2O_{14}$). The elastic material constants were derived from bulk acoustic wave (BAW) measurements and surface acoustic wave (SAW) measurements. Starting with the elastic tensor determined from BAWs we optimized the data set by investigating the influence of the elastic tensor components on the angular dispersion of SAW. The electromechanical coupling coefficient was derived from SAW measurement on open and short-circuited *Y*-cut. Additionally we measured dielectric parameters.

AK 3 Ultraschall in Biologie und Medizin (Sitzungsorganisation: Robert Lemor, St. Ingbert)

Zeit: Samstag 08:30–12:00

Raum: TU EB222

Hauptvortrag

AK 3.1 Sa 08:30 TU EB222

Forces that shape cells: Acoustic microscopical investigations into cellular dynamics — ●JÜRGEN BEREITER-HAHN — Johann Wolfgang Goethe-Universität, Zoologisches Institut, 60439 Frankfurt, Germany

The cytoskeleton of animal cells in culture in cooperation with the plasma membrane and its ion channels and transporters controls shape and volume. In fact, cell shape results from a morphodynamic process which is based on cytoskeletal dynamics developing forces which may equilibrate each other yielding almost constant shapes or resulting in different types of shape changes including locomotion. The dynamics of

these forces can be visualized, the forces can be measured using ultrasound in the GHz range focused on to the specimen by an acoustic lens. This method for the first time allowed to allocate force development to subcellular areas and to the responsible fibrillar structures on the basis of local impedance changes related to sound velocity. High time resolution is combined with high spatial resolution and very low interaction with the cells under investigation which behave undisturbed. The second basic parameter characterizing the interaction of materials with sound waves is attenuation. This parameter reveals cross linkings between the cytoplasmic fibrils as revealed by a vitro approach which allows synchronous determinations of viscosity, sound velocity and attenuation in a non-destructive manner.

AK 3.2 Sa 09:00 TU EB222

Scanning Acoustic Microscopy on Bone - Status and Perspectives — ●KAY RAUM — Q-BAM Group, Dept. of Orthopedics, Martin Luther University of Halle-Wittenberg, Germany

High frequency ultrasound has become one of the most powerful tools for the elastic characterization of hard materials since its invention by Lemons and Quate in 1974. Many of the imaging and measurement techniques developed for NDE were also applied for the characterization of bone. However, the heterogeneous structure at several levels of organization implies multi-fold problems, e.g. tissue preparation, validity and applicability of the measurement techniques, resolution limitations, interpretation of results, etc. Furthermore the technical development of commercially available high resolution SAM lacks far behind other quantitative imaging modalities. The talk will describe the acoustic microscopes developed in our group, concepts for acoustic impedance mapping with frequencies up to 1 GHz and techniques for determining longitudinal, shear and surface wave velocities. The relations of acoustic to elastic parameters, either directly derived from the acoustic measurement or obtained from micromechanical tests, are presented. Combinations with other experimental and clinical techniques demonstrate the potential of SAM for an improved diagnosis, both in experimental and in clinical studies.

Hauptvortrag

AK 3.3 Sa 09:30 TU EB222

Messung der lokalen Schallgeschwindigkeit in einzelnen Zellen mittels zeitaufgelöster akustischer Mikroskopie — ●EIKE C. WEISS und ROBERT LEMOR — Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik, St. Ingbert, Germany

Das Zytoskelett von Zellen spielt eine wichtige Rolle in der Kraftgenerierung, der Volumenregulierung oder der Wanderbewegung von Zellen. Das lokale Kompressionsmodul ermöglicht dabei Aussagen über den aktuellen Zustand des Zytoskeletts. Um das Kompressionsmodul zu bestimmen, wird die lokale Schallgeschwindigkeit mittels zeitaufgelöster akustischer Mikroskopie aus der Ankunftszeit des Vorderwandechos der Zelle und der Ankunftszeit des Echos des Substrats, auf dem die Zellen aufgewachsen sind, bestimmt. Da es sich bei der akustischen Mikroskopie um ein stark fokussierendes System handelt, ist zusätzlich eine Korrektur der Diffraktion notwendig. Dazu wird die Zelle als homogene Flüssigkeitsschicht auf einem Glassubstrat modelliert und ein theoretisch erwartetes Signal durch Integration über die Pupille der akustischen Linse berechnet. Durch Variation der akustischen Parameter der Flüssigkeitsschicht lässt sich das theoretische Signal mit dem gemessenen Signal in Übereinstimmung bringen. Erste Ergebnisse an verschiedenen Zelltypen werden vorgestellt.

Hauptvortrag

AK 3.4 Sa 10:30 TU EB222

Akustische Kommunikation bei Insekten: Anpassungen an die Physik — ●HEINER RÖMER — Institut für Zoologie, Karl-Franzens-Universität Graz, Austria

Neben den Wirbeltieren hat die Evolution vor allem bei verschiedenen Gruppen von Insekten Gehörorgane und Kommunikation mit Hilfe von Schallsignalen hervorgebracht. Bei Tieren dieser Größenordnung (wenige mm bis cm) ergeben sich Probleme, wenn Schall für die soziale Kommunikation eingesetzt wird. Es ist schwierig und energetisch teuer Schall zu erzeugen und abzustrahlen, und es ergeben sich Probleme beim Empfang,

insbesondere bei der Lokalisation der Signale. Das Frequenzband für die Kommunikation ist limitiert durch ein Hochpass-Filter, weil die Effizienz der Emission mit der Frequenz steigt. Bei der Schallübertragung im natürlichen Habitat der Tiere wirkt aber auch ein Tiefpass-Filter, weil exzessive Abschwächung bei hohen Frequenzen das Signal auf kurze Distanzen beschränkt. Auf diese Probleme wird eingegangen und gezeigt, wie bei verschiedenen Insekten physikalische Gesetze zu erstaunlichen Anpassungen geführt haben, die ihnen erlauben, Substrat- und Luftschall zur Kommunikation einzusetzen, und damit Frequenzbereiche von wenigen Hz bis weit über 100 kHz zu nutzen. Außerdem werden Probleme diskutiert, die aus der Tatsache folgen, dass technische Empfänger (Mikrofone) und Gehörorgane der Insekten andere Eigenschaften haben.

AK 3.5 Sa 11:00 TU EB222

Ultrasound Imaging - Diagnosis, Navigation and Therapy Control — ●ROBERT LEMOR, STEFFEN TRETBAR, HOLGER HEWENER und CHRISTIAN GÜNTHER — Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik, St. Ingbert, Germany

Ultraschall wird seit Jahrzehnten erfolgreich im klinischen Einsatz zur Diagnose verwendet. Das diagnostische Potential der Ultraschall Grauwertbildgebung konnte durch die Darstellung von Blutfluss durch Doppler Verfahren oder durch den Einsatz von Ultraschall Kontrast-Mitteln erweitert werden. Ultraschall bietet sich zusätzlich als kostengünstiges und echtzeitfähiges Bildgebungsverfahren für navigierte Eingriffe und als Verfahren zur Erfolgskontrolle von Therapiemaßnahmen während und nach der Therapie an. Bisher sind trotz vieler Ansätze kaum kommerzielle Systeme am Markt zu finden. Die Möglichkeiten und Limitationen der Ultraschall Gewebecharakterisierung und Bildgebung für die Navigation werden am Beispiel eines Ultraschall-Systems zur Navigation und Therapiekontrolle thermischer Therapien diskutiert.

Hauptvortrag

AK 3.6 Sa 11:30 TU EB222

Drug Delivery from Jetting Cavitation Bubbles — ●CLAUS-DIETER OHL, MANISH ARORA, and DETLEF LOHSE — Physics of Fluids, University of Twente, Postbus 217, 7500 AE Enschede, The Netherlands

The usage of ultrasound to deliver non-invasively and remotely drugs to cells is becoming an emerging technology. Still, the mechanism leading to the drug uptake is unknown. Here, we demonstrate that a rather complex pathway excites the uptake of large molecules through the protective cell membrane. This is demonstrated for adherent cells on a substrate which are exposed to a single cycle of a strong ultrasound wave.

During the negative pressure part of the wave cavitation bubbles are nucleated and expand spherically. However, during the shrinkage of the bubble a well known liquid jet is formed which flows towards the substrate with the attached cells. The impinging wall jet when spreading radially on the substrate creates a boundary layer with strong shear. This shear stress when imposed on the cells causes either their detachment, permanent poration, or reparable poration of the cell membranes.

To document the sequence of events high speed sequences of the bubble dynamics and cell detachment, fluorescence and scanning electron microscopy are presented. Further, we model the kinetics of cell detachment with an analytical and a numerical solutions of the Navier-Stokes equation.

AK 4 Physikalische Seismologie (Sitzungsorganisation: Sergei A. Shapiro, Berlin)

Zeit: Montag 10:15–15:30

Raum: TU EB222

Hauptvortrag

AK 4.1 Mo 10:15 TU EB222

UP-SCALING METHODS IN POROELASTICITY AND DOUBLE-POROSITY GEOMECHANICS — ●JAMES G. BERRYMAN — University of California, Lawrence Livermore National Lab, P. O. Box 808 L-200, Livermore CA 94551-9900, USA

Four methods of up-scaling coupled equations at the microscale to equations valid at the mesoscale and/or macroscale for fluid-saturated and partially saturated porous media will be discussed, compared and contrasted. The four methods are: (1) effective medium theory, (2) mixture theory, (3) two-scale and multiscale homogenization and (4) volume averaging. All these methods have advantages for some applications and disadvantages for others. E.g. effective medium theory, mixture theory and homogenization methods can all give formulas for coefficients in the

up-scaled equations, whereas volume averaging methods give the form of the up-scaled equations, but generally must be supplemented with physical arguments and/or data in order to determine the coefficients. Homogenization theory requires a great deal of mathematical insight from the user in order to choose appropriate scaling for use in the resulting power-law expansions, while volume averaging requires more physical insight to motivate the steps needed to find coefficients. Some new models of reservoirs based on random polycrystals of laminates together with rigorous methods of analyzing such systems will also be discussed.

AK 4.2 Mo 11:00 TU EB222

Numerical considerations of fluid effects on wave propagation: Influence of the tortuosity — ●ERIK H. SAENGER — FU Berlin, Fachrichtung Geophysik, Malteserstrasse 74 - 100, Build. D, 12249 Berlin

The focus of this paper is on effective elastic properties (i.e. velocities) in three different kinds of dry and fluid-saturated porous media. The synthetic results are compared with the predictions of the Gassmann equation and the tortuosity-dependent high-frequency limit of the Biot velocity relations. Using a dynamic finite-difference approach we observe for Fontainebleau sandstone the same effective elastic properties as with a static finite-element approach. We show that so-called open-cell Gaussian random field models are similar in mechanical properties to Fontainebleau sandstone. For all synthetic models considered in this study the high-frequency limit of the Biot velocity relations is very close to the predictions of the Gassmann equation. However, using synthetic rock-models saturated with an imaginary fluid of high density we can approximately estimate the corresponding tortuosity parameter.

AK 4.3 Mo 11:15 TU EB222

Physics of fluid-induced seismicity — ●SERGE SHAPIRO — FR-Geophysik, FU-Berlin, Malteserstr. 74-100, Hs.D, 12249, Berlin

Injections of borehole fluids into surrounding rocks are often used for developments of hydrocarbon or geothermal reservoirs. Microseismicity occurring during such fluid-related operations has a large potential in understanding of physics of the seismogenic process as well as in obtaining detailed information about reservoirs at locations as far as several kilometers from boreholes. Here we summarize a concept for interpretation of microseismic data which provides a possibility to infer an information about hydraulic properties of rocks. Estimates of hydraulic diffusivity tensors on large spatial scales as well as imaging of its distributions in space resulting from this concept can be of significant importance for industrial applications and understanding of physical properties of geological structures.

AK 4.4 Mo 11:30 TU EB222

Microseismicity and seismic imaging at the KTB site - Data modeling and inversion for estimation of hydraulic properties — ●ELMAR ROTHERT and SERGE A. SHAPIRO — Freie Universität Berlin, FR Geophysik, Malteserstr. 74-100, D-12249 Berlin

Two fluid injection experiments were conducted at the German Continental Deep Drilling site (KTB) in 1994 and 2000. Microseismicity occurred at different depth intervals and it is analyzed in terms of its spatio-temporal evolution. An approach is applied which assumes that microseismicity is triggered by a diffusive process of pore pressure relaxation. The method yields estimates of hydraulic parameters of rocks on large spatial scales. At the KTB significant variations in the evolution characteristics of the seismic activity at different depths are observed. To understand the reasons for this, the spatial relation of hypocenter locations to the distribution of seismic reflection intensities is analyzed. In order to understand the physical processes of induced microseismicity and the relation to reflection intensities, numerical simulations are performed. The aim of the study is the analysis of the change of event numbers triggered with time, i.e., event rate and the localization of hypocenters. The synthetically triggered events and the real observation show significant similarity. The analysis confirms the hypothesis that the process of pore pressure relaxation is an important triggering factor for induced microseismicity.

Hauptvortrag

AK 4.5 Mo 11:45 TU EB222

Seismic imaging of geodynamic processes — ●STEFAN BUSKE, STEFAN LUETH, SERGEI SHAPIRO, CHRISTOF SICK, PETER WIGGER, and MI-KYUNG YOON — Institut fuer Geologische Wissenschaften, Freie Universitaet Berlin, Malteserstr. 74-100, 12249 Berlin

Active seismic soundings of the earth's interior comprise the reconstruction of subsurface images from reflected and backscattered waves. The recorded wavefield carries information about the medium, i.e. its rock-physical parameters (velocity, density, etc.) as well as its structural inventory (geological interfaces, fault zones, etc.). This talk gives an overview about recent imaging methodologies and presents applications from different scales within the earth: the subduction of an oceanic plate below South America, a paleo continent collision in Germany, a salt pil-

low structure within a sedimentary basin, and a study for the prediction of rock conditions around a tunnel.

Hauptvortrag

AK 4.6 Mo 14:00 TU EB222

Konvertierte seismische Wellen-eine neue Methode zum Studium der tiefen Lithosphäre — ●RAINER KIND — GFZ Potsdam

Das Studium der Lithosphäre mit künstlich erzeugten seismischen Wellen ist in der Tiefe beschränkt, da nicht beliebig viel Energie in die Erde gebracht werden kann. An seismischen Diskontinuitäten erzeugen natürliche Erdbebenwellen konvertierte Wellen (von P zu S oder umgekehrt). Diese schwachen Signale werden mit geeigneten Verarbeitungsmethoden sichtbar gemacht und liefern Abbildungen der unteren Lithosphäre, wie sie bisher nicht möglich waren. Großräumige geologische Strukturen (Kontinent-Kontinen Kollision, Subduktion, Ozeanplumes) erscheinen damit in einem neuen Licht.

Hauptvortrag

AK 4.7 Mo 14:30 TU EB222

Seismicity resulting from self-organized critical stress states — ●SEBASTIAN HAINZL¹ and GERT ZÖLLER² — ¹Institut für Geowissenschaften, Universität Potsdam, POB 601553,14415 Potsdam — ²Institut für Physik, Universität Potsdam, POB 601553,14415 Potsdam

The self-organization of the stress field due to earthquake ruptures and tectonic loading is shown to explain the most conspicuous characteristics of seismicity, namely the Gutenberg-Richter law for the frequency of magnitudes, the Omori law of aftershocks and foreshocks, and accelerated seismic moment release preceding large earthquakes. By means of earthquake simulations and empirical observations, we find that the concepts of critical point behavior and self-organized criticality are suitable for the description of earthquake dynamics.

AK 4.8 Mo 15:00 TU EB222

Transportgleichungen in der Vulkaneismologie — ●ULRICH WEGLER — Universität Leipzig

Die Vulkaneismologie beschäftigt sich mit den in aktiven Vulkanen auftretenden seismischen Ereignissen. Die an der seismischen Quelle erzeugten elastischen Wellen breiten sich hierbei in einem sehr heterogenen Medium aus, bevor sie am Seismometer registriert werden. Insbesondere tritt eine Wechsellagerung zwischen weichen Ascheschichten und harten Magmalagen auf. Diese im Vulkangebäude vorliegenden Heterogenitäten mit starkem Impedanzkontrast liegen in der gleichen Größenordnung wie die Wellenlängen der elastischen Wellen und verursachen starke Vielfachstreuung. Ausbreitungsmedien mit derart komplexen Strukturen können nicht mehr deterministisch sondern nur noch statistisch als Zufallsmedium beschrieben werden. In diesem Ansatz wird mit Hilfe einer Transportgleichung nur noch die Intensität der elastischen Wellen modelliert und die Berechnung des vollständigen Wellenfeldes aufgegeben. Als einfachste analytische Modelle werden das Diffusionsmodell für den Halbraum sowie das Diffusionsmodell für eine streuende Schicht über einem homogenem Halbraum verwendet. In diesen Modellen wird das komplexe Ausbreitungsmedium nur noch durch die zwei Parameter Diffusivität und Absorptionslänge beschrieben, die sich aus den beobachteten Seismogrammen invertieren lassen.

AK 4.9 Mo 15:15 TU EB222

Energie-Transfer-Theorie elastischer Wellen in der Seismologie — ●JENS PRZYBILLA, MICHAEL KORN und ULRICH WEGLER — Institut für Geophysik und Geologie Universität Leipzig Talstr.35 04103 Leipzig

Hochfrequente Seismogramme haben insbesondere im späten Teil, dem sogenannten Coda-Teil, eine sehr komplexe Struktur in der sich einzelne Phasen oft nicht mehr auflösen lassen. Die weithin akzeptierte Ursache dafür ist die Streuung der elastischen Wellen an kleinskaligen Heterogenitäten im Erduntergrund. Aus dem zeitlichen Abklingen des Seismogramms kann man Rückschlüsse auf die Parameter der Heterogenitäten ziehen. Um die Wellenausbreitung mathematisch zu beschreiben wählen wir als Medium ein sogenanntes Zufallsmedium dessen Eigenschaften durch eine Autokorrelationsfunktion, die Fluktuationsstärke, sowie die Korrelationslänge beschrieben werden. Zur Simulation der Coda benutzen wir die Energie-Transfer-Theorie (EET) für elastische Wellen und vergleichen die Ergebnisse mit Finite-Differenzen-Simulationen, sowie mit Daten.

AK 5 Thermo- und Strömungsakustik (Sitzungsorganisation: Martin Ochmann und Rafael Piscoya, Berlin)

Zeit: Dienstag 10:30–17:30

Raum: TU EB222

Hauptvortrag

AK 5.1 Di 10:30 TU EB222

Entropieschall - Experimenteller Nachweis und Beitrag zum Fluglärm — ●FRIEDRICH BAKE, ULF MICHEL und INGO RÖHLE — DLR, Institut für Antriebstechnik, 10623 Berlin

Schallentstehung durch Entropiewellen wurde theoretisch vorausgesagt und numerisch simuliert. Die experimentelle Überprüfung dieser Hypothese wird nun vorgenommen. Versuchsobjekt ist eine mit Methan betriebene Brennkammer. Um Entropiewellen zu erzeugen, kann diese bei selbsterregten aber auch bei erzwungenen Schwingungen betrieben werden. Die Druckfelder in der Brennkammer und nach dem Brennkammerauslass werden mit Sondenmikrofonen vermessen. In einem Referenzexperiment wird zudem der Versuch unternommen, Entropieschall ohne Beimischung von direktem Brennkammerlärm zu erzeugen. Die periodische Energiezufuhr wird hier elektrisch realisiert.

Ingenieurwissenschaftliches Ziel ist, die Bedeutung von Entropieschall für die Geräuschemission von Brennkammern zu klären, insbesondere vor dem Hintergrund der Lärmreduzierung von Triebwerken. Es sollen die Beiträge von direktem Brennkammerlärm und Entropieschall zum Gesamtgeräusch einer Brennkammer ermittelt werden.

Diese Untersuchungen erfolgen im Rahmen der DFG-Forschergruppe "Verbrennungslärm".

Hauptvortrag

AK 5.2 Di 11:00 TU EB222

Numerische Untersuchung der Schallabstrahlung durch eine eingeschlossene Drallflamme. — ●CHRISTOPH RICHTER¹, LUKASZ PANEK¹, FRANK THIELE¹, MARTIN LIU² und BERTHOLD NOLL² — ¹Technische Universität Berlin, HFI, Sekr. HF1, Müller-Breslau-Str. 8, 10623 Berlin — ²DLR, Institut für Verbrennungstechnik, Pfaffenwaldring 38-40, D-70569 Stuttgart

Zur praktischen Überprüfung eines hybriden zonalen Verfahrens zur Störungsausbreitung in Brennkammern wird eine mit einer verdrehten Gasfilmdüse ausgestattete axialsymmetrische Modellbrennkammer herangezogen. Da axialsymmetrische Komponenten im vom DLR vermessenen Schallsignal dominant auftreten, konzentriert sich die numerische Untersuchung auf diese Anteil. Die Brennkammer ist durch eine Düse abgeschlossen. Die Flamme wird vom DLR Stuttgart mit Hilfe einer instationären RANS simuliert. Die Störungsausbreitung wird mit einem optimierten finite Differenzen-Verfahren von 4. Ordnung sowohl linearisiert als auch nichtlinear numerisch untersucht. Dabei wird insbesondere auf die indirekte Schallabstrahlung durch Entropiemoden eingegangen. Das verwendete Verfahren, kann sowohl die konvektive Ausbreitung von Entropiemoden, als auch die wellenartige Ausbreitung von Schall bis zu einer Auflösung von 7 Punkten pro Wellenlänge korrekt und nahezu verlustfrei wiedergegeben.

Hauptvortrag

AK 5.3 Di 11:30 TU EB222

Lärmentstehung in pilotierten Drallflammen — ●DIPL.-ING. C. BENDER, DR.-ING. P. HABISREUTHER, PRIV. DOZ. DR.-ING. HABIL. H. BÜCHNER und PROF. DR.-ING. H. BOCKHORN — Universität Karlsruhe (TH), Engler-Bunte-Institut/Verbrennungstechnik, Engler-Bunte-Ring 7, 76131 Karlsruhe

Bei der Entwicklung moderner Fluggasturbinen ist aufgrund aerodynamischer Verbesserungen der Strömungsführung eine so starke Verringerung des Strahlgeräusches zu erwarten, dass Verbrennungsgeräusche aus der Brennkammer nicht mehr überdeckt werden, weshalb ihre Verringerung bei der Konstruktion und Auslegung neuer Triebwerksbrennkammern ein wesentliches Entwicklungsziel ist.

Im Rahmen der vorgestellten experimentellen und numerischen Untersuchungen sollen die wesentlichen Mechanismen der Lärmentstehung in pilotierten Vormisch- und Diffusionsflammen, die sowohl freibrennend als auch in einer nicht-resonierenden Brennkammer eingeschlossen betrieben werden, gefunden werden. Hierfür wurden an einem pilotierten Drallbrenner unter Variation wichtiger Betriebsparameter wie Leistung, Luftzahl und Drallstärke sowie des Brennerauslasses durch axiales Verschieben der Pilotlanze ausführliche Untersuchungen der Geschwindigkeits- und Schallfelder durchgeführt, um ein Verständnis für die Schallentstehung zu schaffen. Zusätzliche numerische Berechnungen ergaben eine sehr gute Übereinstimmung mit den experimentellen Ergebnissen.

Hauptvortrag

AK 5.4 Di 12:00 TU EB222

Large Eddy Simulation and Particle Image Velocimetry of an Isothermal Swirling Flow — ●FELIX FLEMMING¹, AMSINI SADIKI¹, JOHANNES JANICKA¹, JOHANN WÄSLE², ANTON WINKLER², and THOMAS SATTELMAYER² — ¹Institute for Energy and Powerplant Technology, Darmstadt University of Technology, Petersenstr. 30, D-64287 Darmstadt, Germany — ²Lehrstuhl für Thermodynamik, TU München, Boltzmannstr. 15, D-85748 Garching, Germany

Due to the increasingly lower noise emissions of aircraft engines, the field of combustion noise becomes more important in the design process of modern gas turbines. In order to investigate noise sources from complex and reactive turbulent flows, such as in gas turbine combustors, a swirling flow configuration has been investigated by means of an incompressible large eddy simulation (LES) and particle image velocimetry (PIV). As a first step, the isothermal flow case of a movable blocks swirl burner is considered. Here, the main focus lies on the turbulent flow field and its validation through the experimental measurements. Furthermore, the mixing properties of the flow will be described in detail. The flow field as well as the mixing play an important role in the reactive flow case and are therefore of fundamental interest. Due to the highly instationary character of the flow, a time resolving simulation technique is required to capture the effects relevant to the noise sources within the flow field. In a post-processing step, the numerical results obtained by the LES can then be used in CAA simulations to describe the noise emission of the configuration. The coupling to such simulation techniques will be described as well.

Hauptvortrag

AK 5.5 Di 14:00 TU EB222

Determining the sound radiated by combustion by means of the Equivalent Source Method (ESM) and the Boundary Element Method (BEM) — ●RAFAEL PISCOYA¹, HAIKE BRICK¹, MARTIN OCHMANN¹, and PETER KÖLTZSCH² — ¹TFH-Berlin, University of Applied Sciences — ²Technical University Dresden

Turbulent combustion produces sound that is clearly louder than that of the non reactive flow since the time variations of the heat release are the main sound sources. Those instationary variations can be simulated with the present computational power only near the source, i.e. the acoustic farfield cannot be directly calculated. Hybrid methods, coupling CFD codes and acoustic methods like the acoustic analogy and the linearized Euler equations are used to solve this problem. This research attempts to show that the ESM and the BEM can also be used to determine the sound generated by combustion. These two methods have the advantage that the acoustic quantities must be known only at a surface surrounding the source zone (less data from the CFD simulations is required) and the farfield can be directly computed. The sound power generated from two open diffusion flames have been calculated with both the ESM and the BEM, using the velocity distribution over cylindrical control surfaces computed with a Large Eddy Simulation. Results of the calculations are presented and compared to the measured sound power of the same flames. Good agreement at low frequencies is obtained but the decay of the spectrum at high frequencies has not been reproduced yet. Possibly reasons for the differences and improvements on the calculations will be discussed.

Hauptvortrag

AK 5.6 Di 14:30 TU EB222

Acoustic perturbation equations for reacting flows — ●THANH PHONG BUI, MATTHIAS MEINKE, and WOLFGANG SCHRÖDER — Aerodynamisches Institut, RWTH Aachen, Willnerstr. zw. 5 u. 7, 52062 Aachen

In the present work, acoustic perturbation equations (APE) for the computational aeroacoustics (CAA) simulation are proposed to investigate noise generated by a turbulent non-premixed jet flame in unbounded space using a hybrid LES/CAA approach. The homogeneous APE system describes the wave propagation in a non-uniform mean flow and is hydrodynamically stable for arbitrary mean flows in contrast to the linearized Euler equations (LEE). To derive the extended APE system, which is also valid for reacting flows, the governing equations for reacting flows are rearranged such that the left-hand side describes the original homogeneous APE system, whereas the right-hand side (RHS) consists

of all non-linear flow effects including the sources related to chemical reactions. The numerical approach is a two-step method, the first of which is based on a large eddy simulation (LES), followed by the CAA simulation to compute the acoustical field. In general, an acoustic monopole behavior with a small directivity can be observed, i.e., the main combustion noise characteristic, the monopole nature, caused by unsteady heat release could be verified.

Hauptvortrag

AK 5.7 Di 15:00 TU EB222

An evaluation of coupling techniques for combined LES/LEE approaches to calculate aerodynamically generated noise — ●WIM DE ROECK, GUSTAVO RUBIO, YVES REYMEN, MARTINE BAELMANS und WIM DESMET — K.U. Leuven, Dept. Mech. Eng., Celestijnenlaan 300B, 3001 Leuven

Due to the large disparity between the energy scales of the acoustic and flow variables, the direct solution of the compressible Navier-Stokes equations for computational aeroacoustics (CAA) is only possible for a limited number of applications. Therefore hybrid methods are proposed, in which, the computational domain is split into a source region and an acoustic propagation region. This paper evaluates the most commonly used techniques to couple both regions. A first class of methods uses equivalent sources: source terms based on turbulent velocities (Lighthill), vorticity (Möhring), pressure fluctuations (Hardin and Pope) and wall pressures (Curle) are used. The other class of methods is based on acoustic pressure boundary conditions on a surface, surrounding the dominant aeroacoustic sources. The different coupling techniques will be compared and validated for a cavity flow noise application, where the source region is calculated with large-eddy simulation (LES) and linearized Euler equations (LEE) are used as propagation equations. In this way, this paper aims at giving more insight in the accuracy and practical use of different hybrid CAA prediction techniques.

Hauptvortrag

AK 5.8 Di 16:00 TU EB222

Measurement and simulation of the acoustical impedance of an internal combustion engine exhaust. — ●RENE BOONEN and PAUL SAS — KULeuven, Faculty of Engineering, Dept. Mechanical Engineering, PMA, Celestijnenlaan 300B, B-3001 Leuven, Belgium

In this investigation, the acoustical impedance of an internal combustion engine is measured and simulated. The measurements are based on the two microphone transfer function method, which is described in the standard ISO/FDIS 10543-2. The method uses the transfer function between two microphones positioned on a waveguide connected to the impedance to be measured. Some improvements are proposed to this procedure, concerning the calibration of the measurement setup. New corrections are proposed to eliminate the speed of sound, the microphone locations and the deviation between the microphone responses.

The method is applied to measure the acoustical impedance of an engine. The reflection coefficient at the engine exhaust is measured. From the reflection coefficient, the acoustical impedance is determined. To prevent the engine to disturb the reflection coefficient during the measurements, the engine is run with an electric motor and the intake is sealed.

The simulations are carried out using electrical analog circuits. The circuits are built by analyzing the engine parts contributing to the acous-

tical impedance. The electrical analog components are determined using the geometrical data of the engine and the exhaust manifold. The simulation results correlate well with the measured impedances. Also, some special cases are simulated, to determine the engine components which contribute primarily to the acoustical impedance.

Hauptvortrag

AK 5.9 Di 16:30 TU EB222

Das Lattice-Boltzmannverfahren in der Strömungsakustik — ●ANDREAS WILDE — Fraunhoferinstitut für Integrierte Schaltungen, Außenstelle Entwurfsautomatisierung, Zeunerstrasse 38, 01069 Dresden

In diesem Beitrag wird die Eignung des Lattice-Boltzmann-Verfahrens für die numerische Lösung strömungsakustischer Probleme diskutiert.

Zur Untersuchung der numerischen Fehler bei der Simulation der Ausbreitung von Schallwellen wird eine von-Neumann-Analyse des linearisierten Lattice-Boltzmann-Modells in zwei und drei Dimensionen durchgeführt. Es zeigt sich, dass die Phasengeschwindigkeit der Schallwellen mit abnehmender Wellenlänge vom theoretischen Wert abweicht. Bei einer Auflösung von ca. 10 Gitterpunkten pro Wellenlänge überschreitet der Fehler in der Phasengeschwindigkeit 1%. Die Dissipation von Schallwellen entspricht im numerischen Modell weitgehend dem theoretisch vorhergesagten Verhalten.

In numerischen Experimenten wird die Schallerzeugung bei der Überströmung eines Helmholtzresonators sowie die Schallerzeugung bei der Überströmung der Hinterkante einer ebenen Platte untersucht. Im Falle des Helmholtzresonators ergibt sich eine gute Übereinstimmung der Druckschwankungen im Resonator mit in der Literatur veröffentlichten Windkanalmessungen. Im Falle des Hinterkantenschalls werden die numerischen Ergebnisse mit den Vorhersagen analytischer Modelle verglichen.

Hauptvortrag

AK 5.10 Di 17:00 TU EB222

Hybrides Modell zur Simulation der Schallausbreitung im Freien — ●SEBASTIAN HAMPEL, SABINE LANGER und HEINZ ANTES — Inst. f. Angewandte Mechanik, TU Braunschweig, Postfach 3329, 38023 Braunschweig

Bei der Schallausbreitung im Freien über größere Distanzen spielt die Refraktion, die aus Wind- und Temperaturprofilen resultiert, eine große Rolle. Zur Berechnung werden dafür in der Praxis oft Strahlenverfahren (Ray-tracing) verwendet. Diese haben im Vergleich zu Diskretisierungsverfahren wie der Randelementemethode (BEM) i.d.R. einen geringen Rechenaufwand und können Wind- und Temperaturprofile meist einfach berücksichtigen. Der Vorteil der BEM liegt in der impliziten Erfassung von Wellenphänomenen wie z.B. Beugung. Außerdem wird die für Außenraumprobleme wichtige Sommerfeld'sche Ausstrahlbedingung implizit erfüllt.

Um die Vorteile beider Verfahren - BEM und Strahlenverfahren - zu nutzen, wird ein Modell entwickelt, das im Nahfeld um Hindernisse und komplexe Geometrien die Randelementemethode verwendet und daran für die Berechnung des Schalldrucks im Fernfeld ein Strahlenmodell koppelt. Dafür werden die Einzelmodelle sowie die Kopplung erläutert und das hybride Modell auf ein typisches Beispielproblem aus der Praxis angewendet.