

# Programm „Numerische Akustik“

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

**Montag, 12.11.2012**

8:50	<b>Willkommen</b> Ennes Sarradj, Sabine Langer, Steffen Marburg, Fabian Bause
9:00	<b>Integraltransformationenmethoden - Grundlagen und Anwendung auf Fragestellungen der Vibroakustik</b> Martin Buchschmid, Mathias Kohrmann, Gerhard Müller TU München
9:35	<b>Anwendung der Methode der Spektralen Finiten Elemente in der Raumakustik</b> Martina Pospiech, Martin Buchschmid, Gerhard Müller TU München
10:10	<b>Kontinuierliche und Diskontinuierliche Finite Elemente Methoden</b> Manfred Kaltenbacher, Andreas Hüppe TU Wien
10:45	Kaffeepause
11:20	<b>Numerische Aeroakustik: Vergleich von verschiedenen Formulierungen</b> Andreas Hüppe, Manfred Kaltenbacher TU Wien
11:55	<b>Modalanalyse von getauchten Strukturen mit FEM, BEM und Modellreduktion.</b> Steffen Marburg UniBW München Herwig Peters, Nicole Kessissoglou University of New South Wales
12:30	Mittagessen
13:30	<b>Gemeinsame Sitzung</b> des Fachausschusses Physikalische Akustik der Deutschen Gesellschaft für Akustik (DEGA) und des Fachverbands Akustik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG)
14:00	<b>Numerische Berechnung der Strukturintensität und Abgleich mit Messdaten</b> Sebastian Buckert, Clarissa Schaal, Thorsten Hering, Joachim Bös TU Darmstadt
14:35	<b>Unsicherheiten von Eingangsdaten für gekoppelte wellenbasierte und geometrische Verfahren</b> Sönke Pelzer, Michael Vorländer Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen
15:10	<b>Sound Radiation of Rolling Tires - Modeling Aspects and Validation Strategies</b> Udo Nackenhorst Leibnitz Universität Hannover

15:45	Kaffeepause
16:20	<b>Körperschall in poroelastischen Materialien: Modellierung und Validierung</b> Sabine Langer, Katherina Rurkowska Institut für Angewandte Mechanik, TU Braunschweig
16:55	<b>Neue Entwicklungen in der akustischen Randelementemethode</b> N.N., Martin Ochmann Beuth HS Berlin
17:30	<b>FE-Berechnung der Schalldämmung strukturierter Bleche</b> Carsten Langhof BTU Cottbus
ab 19:00	gemeinsames Abendessen

**Dienstag, 13.11.2012**

8:30	<b>Perfectly Matched Layers bei der Simulation piezoelektrischer Wandler im Ultraschallbereich<sup>1</sup></b> Andreas Hauck, Hermann Landes Semitris Erlangen
9:05	<b>Einsatz der Elastodynamischen Finiten Integrationstechnik (EFIT) zur Modellierung der Ultraschallausbreitung in Festkörpern</b> Mehbub-Ur Rahman Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin
9:40	<b>Scaled Boundary Finite Element Method (SBFEM) für die Modellierung geführter Wellen</b> Jens Prager, Hauke Gravenkamp Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin
10:15	Kaffeepause
10:50	<b>Numerische Nullstellensuche in Determinantenfunktionen mittels Intervallarithmetik und algorithmischen Differenzieren</b> Fabian Bause, Andrea Walther, Bernd Henning Uni Paderborn
11:25	<b>Analyse der Interaktion zwischen Schallfeld und Schwinger bei Ultraschallprozessen in Fluiden<sup>1</sup></b> Peter Bornmann, Tobias Hemsel, Walter Sextro Uni Paderborn Takeshi Morita University of Tokyo
12:00	<b>N.N.</b>
12:35	Mittagessen (Ende des Workshops)

<sup>1</sup> Kurzfassung im Anhang

## **Anhang: Kurzfassungen**

### **Perfectly Matched Layers bei der Simulation piezoelektrischer Wandler im Ultraschallbereich**

A. Hauck, H. Landes  
SIMetris GmbH, Erlangen

Bei Anwendungen im Ultraschallbereich sind oft die Voraussetzungen für die Abstrahlung in ein nahezu unbeschränktes Gebiet gegeben. Diese sind dann, für eine praxismgerechte Anwendung, auch in der Simulation zu verwirklichen. Hier offenbaren die Finiten Elemente (FE), im Gegensatz zu den Rand Elementen (BE), einen substantiellen Nachteil. Bei letzteren kann die Simulation einer reflektionsfreien Abstrahlung in ein offenes Gebiet direkt in die Formulierung der Elemente mit eingearbeitet werden, meist in Form der Sommerfeldt'schen Abstrahlbedingung. Im Gegensatz hierzu sind bei den Finiten Elementen spezielle Maßnahmen nötig. Hierfür wurden in der Vergangenheit unterschiedliche Ansätze wie absorbierende Randbedingungen (lokal und global), infinite Elemente oder FE-BE Kopplungen, entwickelt. In den letzten Jahren haben sich insbesondere Ansätze, die auf Perfectly Matched Layer (PML) Formulierungen beruhen, bewährt. Diesen liegt eine Kombination aus Impedanzanpassung und Dämpfung zugrunde, wodurch mittels einer zusätzlichen, die ursprüngliche Geometrie einhüllenden Schicht, ein reflektionsfreier Abschluss realisiert werden kann. Im Gegensatz zu den „klassischen“ Ansätzen, welche oft einen Einsatz im Fernfeld erfordern, unterliegt die PML hier kaum Restriktionen und kann bereits im Nahfeld eingesetzt werden.

In unserem Vortrag werden wir zuerst die Grundlagen der für diesen Zweck von uns hier entwickelten Verfahren vorstellen, welche den Einsatz der PML sowohl im Frequenz- als auch im Zeitbereich ermöglichen. Benchmark Beispiele werden anschließend zur Untersuchung der Effizienz dieser Methoden sowohl bei Ausbreitungen von Schallwellen sowohl in Fluiden als auch in Festkörpern verwendet. Als industrielle Anwendungsbeispiele werden zuerst Impedanzen und s-Parameter fluid-angekoppelter piezoelektrischer Wandler betrachtet. Dort zeigt sich, dass die Verfügbarkeit einer effizienten PML-Formulierung von großer Bedeutung ist. Schließlich wird eine Anwendung der PML im Bereich der medizinischen Ultraschall-Array Antennen vorgestellt.

### **Analyse der Interaktion zwischen Schallfeld und Schwinger bei Ultraschallprozessen in Fluiden**

Peter Bornmann\*, Tobias Hemsel\*, Walter Sextro\* und Takeshi Morita+  
\*Universität Paderborn, Mechatronik und Dynamik, +University of Tokyo, Department of Human and Engineered Environmental Studies

Der Einsatz von Ultraschall erstreckt sich aufgrund der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten auf verschiedene Bereiche der Technik. So sind Ultraschallschwinger sowohl im Bereich der Sensorik, beispielsweise zur Abstandsbestimmung oder Materialprüfung, als auch im Bereich Aktorik, beispielsweise ausgeführt als Mikrostoßantrieb, zu finden. Ein weiteres Anwendungsfeld ist das des Hochleistungsultraschalls welcher unter anderem bei der Ultraschallreinigung und Sonochemie zum Einsatz kommt.

Viele Anwendungen beruhen direkt oder indirekt auf dem durch den Ultraschallschwinger erzeugten Schallfeld. Während bei der Materialprüfung und bei der Abstandsbestimmung das erzeugte Schallfeld direkt genutzt wird, kommen bei der Sonochemie und der Ultraschallreinigung auch Sekundäreffekte wie akustische Strömungen und Kavitation zum Tragen. In Abhängigkeit vom Aufbau des Ultraschallschwingers und von den Eigenschaften des beschallten Mediums gibt es unterschiedlich starke Wechselwirkungen zwischen Schallfeld und Ultraschallschwinger. Bei der Auslegung von Ultraschallsystemen ist daher die Wechselwirkung zwischen Schallfeld und Ultraschallschwinger zu berücksichtigen.

Die Wirkung des Ultraschalls in sonochemischen Reaktoren wird durch die Schalldruckverteilung in der Flüssigkeit bestimmt. Die Schalldruckverteilung hängt wiederum von der Schallquelle, der Geometrie des beschallten Volumens und den akustischen Randbedingungen ab. Zur Erzeugung des gewünschten Schallfeldes ist ein geeigneter Ultraschallschwinger notwendig. Zur Verbesserung des Auslegungsprozesses für Ultraschallschwinger wird ein Modell vorgestellt, welches sowohl den piezoelektrischen Effekt als auch die Fluid-Struktur-Kopplung berücksichtigt. Anhand des Modells ist es möglich, dass durch den Ultraschallschwinger erzeugte Schallfeld sowie dessen Rückwirkung auf den Ultraschallschwinger zu untersuchen. Ziel des Modells ist die anwendungsgerechte Auslegung und Positionierung des Ultraschallschwingers.

Zur Analyse des Gesamtsystems, bestehend aus Druckbehälter, Ultraschallschwinger und Fluid, wurde ein Modell in Ansys Workbench aufgebaut wobei der Ultraschallschwinger harmonisch angeregt wird. Durch die Fluid-Struktur-Kopplung wird der aus der Bewegung des Schwingers resultierende Druck im Fluid sowie die rückwirkende Kraft auf den Schwinger berechnet. Analysiert werden neben der Schalldruckverteilung verschiedene Übertragungsfunktionen des Ultraschallschwingers sowie zwischen Ultraschallschwinger und Schallfeld. Der parametrische Aufbau des Modells ermöglicht es, verschiedene Einflüsse, wie die Geometrie und Anordnung des Ultraschallschwingers, Füllstand oder Eigenschaften des Fluides auf das Schallfeld und auf das Verhalten des Ultraschallschwingers zu analysieren. Des Weiteren kann der Einfluss der Eigenschaften der Wände des Druckbehälters analysiert werden. Die Parametervariationen geben Aufschluss darüber welche Parameter den deutlichsten Einfluss zeigen und daher bei der Auslegung derartiger Systeme besonders berücksichtigt werden müssen.