

“Akustische Metamaterialien- und Materialdatencharakterisierung, zerstörungsfreie Prüfverfahren”

Programm und Kurzfassungen der Vorträge

31. DEGA-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)

Stand: 03.09.2026

Donnerstag, 01.10.2026

Mittlerer Hörsaal (im rechten Seitenflügel, 1. OG)	
9:30	Willkommen Jens Prager
9:40	Interaktion von geführten akustischen Wellen mit periodisch strukturierten Platten Johannes Landskron ¹ , Conrad R. Wolf ¹ , Gerhard Fischerauer ² , Klaus Stefan Drese ¹ ¹ Institut für Sensor und Aktortechnik, Hochschule Coburg ² Lehrstuhl Mess- und Regeltechnik, Universität Bayreuth
10:20	Programmierbare akustische Metamaterialien zur frequenzselektiven Beeinflussung der Schalltransmission durch Plattenstrukturen William Kaal Fraunhofer LBF Darmstadt
11:00	Kaffeepause
11:20	Interaktion von geführten akustischen Wellen mit periodisch strukturierten Platten Sarah Fischer Fraunhofer IZFP Saarbrücken
12:00	Metamaterialien in der Anwendung in Wasser: Simulation und Experiment Dominik Grützner, Stefan Becker LSTM, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen
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) – Gäste sind willkommen!
14:20	Akustische Signale zur Charakterisierung vom Verformungsverhalten in mechanischen Metamaterialien unter zyklischer Belastung Bashar Ibrahim Fraunhofer IZFP Saarbrücken
15:00	N.N.
15:40	Kaffeepause

16:00	Social Event (bis ca. 18 Uhr)
ab 19:00	gemeinsames Abendessen im Lichtenberg-Keller

Freitag, 02.10.2026

Mittlerer Hörsaal (im rechten Seitenflügel, 1. OG)	
9:20	Ultraschallbasierte mechanische Charakterisierung von biologischem Weichgewebe Christian Heim <i>Universität Freiburg</i>
10:00	How laser ultrasonics provides unique insights into nanoporous media Marc Thelen ¹ , Zouhir Maslah ² , Yushen Huang ³ , Haonan Sun ³ , Daniel A. Kiefer ² , Nicolas Bochud ⁴ , Manuel Brinker ¹ , Shan Shi ^{3,5} , Claire Prada ² , Patrick Huber ^{1,6} ¹ <i>Hamburg University of Technology, Institute of Materials and X-Ray Physics, Hamburg</i> ² <i>Institut Langevin, ESPCI Paris, Université PSL, CNRS, 75005 Paris, France</i> ³ <i>Hamburg University of Technology, Institute of Materials Physics and Technology, Hamburg</i> ⁴ <i>Univ Paris Est Creteil, Univ Gustave Eiffel, CNRS, UMR 8208, MSME, Créteil, France</i> ⁵ <i>Helmholtz-Zentrum Hereon, Institute of Hydrogen Technology, Experimental Materials Mechanics, Geesthacht</i> ⁶ <i>Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Centre for X-Ray and Nano Science CXNS, Hamburg</i>
10:40	Kaffepause
11:00	Kompaktes System zur thermoelastischen Anregung breitbandiger Ultraschallwellen Henning Zeipert, Marc Geweiler, Leander Claes <i>Lehrstuhl Elektrische Messtechnik, Universität Paderborn</i>
11:40	Materialcharakterisierung von geschichteten Strukturen Marcel Nicolai <i>Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin</i>
12:20	Zusammenfassung, Abschlussdiskussion und Verabschiedung Jens Prager
12:30	gemeinsames Mittagessen (Ende des Workshops)

Kurzfassungen/Inhalte der Vorträge

1. Interaktion von geführten akustischen Wellen mit periodisch strukturierten Platten

Johannes Landskron¹, Conrad R. Wolf¹, Gerhard Fischerauer², Klaus Stefan Drese¹

¹Institut für Sensor und Aktortechnik, Hochschule Coburg

²Lehrstuhl Mess- und Regeltechnik, Universität Bayreuth

Heutzutage haben kontinuierliche Fortschritte in der numerischen Simulation neue Möglichkeiten zur Charakterisierung von phononischen Kristallen und deren bemerkenswerten Eigenschaften eröffnet. Dadurch lassen sich Schallwellen und ihre Ausbreitung gezielt manipulieren. Ein Großteil dieser Forschung konzentriert sich auf angepasste Geschwindigkeiten, manipulierte Schallwege und die Ausbildung von Bandlücken. Ein Spezialfall ist dabei auch die Wechselwirkung von geführten akustischen Schallwellen mit periodischen Strukturen. Dieser dispersive Wellentyp tritt ausschließlich auf Platten auf und findet häufig in der Materialprüfung Anwendung. In dieser Arbeit werden mit verschiedenen Methoden phononische Kristalle bestehend aus ein- und zweiseitig geometrisch strukturierten Platten untersucht. Zu Beginn wird der Einfluss verschiedener Arten von Strukturierungen auf die Banddiagramme untersucht. Anschließend wird das Reflexions- und Transmissionsverhalten einfallender Lamb Moden auf räumlich begrenzte Strukturen charakterisiert. Hierfür wird eine Methode vorgestellt, mit der die Energiebilanz der Wellen aus den Auslenkungen an der Plattenoberfläche abgeleitet werden kann. Vergleiche mit Simulationen im Zeitbereich zeigen, dass dieser frequenzbereichsbasierte Ansatz das Verhalten der phononischen Kristalle zuverlässig abbildet und damit eine effizientere Alternative zu zeitintensiven transienten Simulationen darstellt. Parallel dazu werden die simulationsbasierten Methoden anhand geeigneter experimenteller Daten validiert und auf Herausforderungen bei der experimentellen Umsetzung einzelner Verfahren eingegangen.

2. Programmierbare akustische Metamaterialien zur frequenzselektiven Beeinflussung der Schalltransmission durch Plattenstrukturen

William Kaal

Fraunhofer LBF Darmstadt

Vibroakustische Metamaterialien (VAMM) basierend auf dem lokalen Resonanzeffekt bieten die Möglichkeit, in Strukturen einen Frequenzbereich zu erzeugen, in dem keine Wellenausbreitung stattfindet, das sogenannte Stoppband. Dazu müssen Einheitszellen mit resonanten Strukturen periodisch angeordnet werden und hinsichtlich ihrer Resonanzfrequenz und ihres Abstands auf die Grundstruktur und die Zielanwendung ausgelegt werden. Damit können in strukturdynamischen Übertragungsfunktionen ausgeprägte Stoppbänder erzeugt werden. Neben der Strukturdynamik kann mit VAMM auch das akustische Verhalten beeinflusst werden, insbesondere das Transmissionsverhalten von plattenartigen Strukturen. Durch Integration der Einheitszellen in das Material kann so eine Platte realisiert werden, die äußerlich identisch zu einer Vollmaterialplatte ist, jedoch spezielle akustische Eigenschaften aufweist. Ein entscheidender Nachteil von VAMM im Bereich der Akustik ist, dass zwar verglichen mit einem massegleichen Vollmaterial Frequenzbereiche mit verbesserten Transmissionseigenschaften entstehen, allerdings auch zwangsläufig Frequenzbereiche entstehen, die eine Verschlechterung der Transmission aufweisen. Dies stellt besonders bei variablen Störfrequenzen eine Herausforderung dar. Mit durch äußere Stimuli änderbaren mechanischen Eigenschaften von Einheitszellen, wie sie im Bereich der programmierbaren Metamaterialien vorhanden sind, kann dieses Problem zumindest für schmalbandige Störungen gelöst werden. Im Vortrag wird eine Umsetzung eines solchen programmierbaren VAMM vorgestellt und akustische Messergebnisse diskutiert.

3. Interaktion von geführten akustischen Wellen mit periodisch strukturierten Platten

Sarah Fischer

Fraunhofer IZFP Saarbrücken

XXX

4. Metamaterialien in der Anwendung in Wasser: Simulation und Experiment

Dominik Grützner, Stefan Becker

LSTM, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen

Es wird der Einsatz von Metamaterialien in Wasseranwendungen vorgestellt. Hauptaugenmerk ist hier die Besonderheit in der Benutzung von Wasser als inkompressibles Medium und der darin gelösten Luft.

Es ergeben in Gegensatz zu Luft unterschiedliche Impedanzrandbedingungen. Wichtig ist hierbei auch die korrekte Bestimmung der Materialparameter. In den Untersuchungen der verschiedenen Metamaterialien wird ein komplementärer Ansatz vorgestellt, der Simulationen und Experimente parallel und ergänzend durchführt.

5. Akustische Signale zur Charakterisierung vom Verformungsverhalten in mechanischen Metamaterialien unter zyklischer Belastung

Bashar Ibrahim

Fraunhofer IZFP Saarbrücken

Die Charakterisierung der Einheizen von Metamaterialien um ihr Verformungsverhalten und Lebensdauer unter Ermüdungsbelastung ist entscheidend. Je nach Basismaterial und Struktur treten dabei unterschiedliche Versagensmechanismen und Fehler auf, die sich mittels Luft- und Körperschall-Emission erfassen lassen. Untersucht werden insbesondere Strukturen mit Snap-through-Verhalten sowie TPMS (Triply Periodic Minimal Surfaces) die im Bereich Energieabsorption als besonders vielversprechend gelten. Durch die Analyse der akustischen Signale lässt sich der Zeitpunkt des Versagens unter zyklischer Belastung bestimmen sowie die Art der Schädigungsmechanismen zuordnen.

6. N.N.

N.N,

N.N.

XXX

7. Ultraschallbasierte mechanische Charakterisierung von biologischem Weichgewebe

Christian Heim

Universität Freiburg

XXX

8. How laser ultrasonics provides unique insights into nanoporous media

Marc Thelen¹, Zouhir Maslah², Yushen Huang³, Haonan Sun³, Daniel A. Kiefer², Nicolas Bochud⁴, Manuel Brinker¹, Shan Shi^{3,5}, Claire Prada², Patrick Huber^{1,6}

¹ Hamburg University of Technology, Institute of Materials and X-Ray Physics, Hamburg, Germany

² Institut Langevin, ESPCI Paris, Université PSL, CNRS, 75005 Paris, France

³ Hamburg University of Technology, Institute of Materials Physics and Technology, Hamburg, Germany

⁴ Univ Paris Est Creteil, Univ Gustave Eiffel, CNRS, UMR 8208, MSME, Créteil, France

⁵ Helmholtz-Zentrum Hereon, Institute of Hydrogen Technology, Experimental Materials Mechanics, Geesthacht, Germany

⁶ Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Centre for X-Ray and Nano Science CXNS, Hamburg, Germany

Nanoporous materials combine large inner surface areas with controllable pore structures and broad functionalization opportunities, which makes them attractive for a wide range of research areas and industrial applications. Their elastic properties and their mechanical response to external stimuli are nevertheless difficult to characterize experimentally, as the samples are typically thin, mechanically sensitive and often anisotropic.

Laser ultrasonics is well suited to this class of materials. It excites and detects elastic waves without contact, so fragile free-standing membranes can be probed without mechanical loading. A single scan yields the dispersive, multimodal guided-wave spectrum, rotating the sample resolves the propagation direction, and zero-group-velocity (ZGV) resonances provide sharp, spatially confined observables that constrain individual stiffness components.

We apply this to mesoporous silicon, electrochemically etched from (100) silicon at porosities between 45 % and 80 %. A pulsed UV laser with a line source provides broadband excitation for B-scans, complemented by angle-resolved ZGV measurements. Inversion yields the tetragonal stiffness tensor as a function of porosity. The in-plane Zener ratio $2c_{66}/(c_{11} - c_{12})$ remains above unity across the entire range and approaches the isotropic limit only slowly, so the transverse isotropy commonly assumed in the literature is not reached. This is relevant wherever directional elastic response feeds back into function, from silicon anodes to strain-tuned photonic band structures.

The second example is nanoporous palladium, an elastically isotropic ligament network whose stiffness responds strongly to hydrogen absorption. Its ZGV resonance, excited by an amplitude-modulated 1550 nm laser, is tracked while the hydrogen concentration is varied. Because excitation and detection are purely optical, the sample is investigated in situ throughout the loading cycle. The elastic response is tracked continuously, providing valuable insights into the dynamics of the material.

9. Kompaktes System zur thermoelastischen Anregung breitbandiger Ultraschallwellen

Henning Zeipert, Marc Geweiler, Leander Claes

Lehrstuhl Elektrische Messtechnik, Universität Paderborn

Aufgrund hoher Ansprüche an die Qualität, Effizienz und nicht zuletzt der Sicherheitsanforderungen moderner Produkte ist die Auswahl der eingesetzten Materialien essenziell.

Dafür ist eine detaillierte Kenntnis über deren Eigenschaften entscheidend.

Neben Nachhaltigkeits- und Kostengründen bietet die zerstörungsfreie Materialcharakterisierung den Vorteil exakt die in der Anwendung genutzten Komponenten untersuchen zu können, statt, wie bei zerstörenden Prüfungen notwendig, Erkenntnisse aus ähnlichen Proben zu ziehen.

Da geführte, akustische Wellen eine hohe Sensitivität gegenüber mechanischen Materialeigenschaften sowie deren Änderungen aufweisen, können diese in solchen zerstörungsfreien Materialcharakterisierungsverfahren eingesetzt werden.

Die Anregung dieser Wellen kann durch Ausnutzung des thermoelastischen Effekts mithilfe gepulster Laserstrahlung erfolgen.

Die dafür notwendigen Messaufbauten sind nicht zuletzt aufgrund dieser Laser sehr empfindlich und haben einen nennenswerten Platzbedarf.

In dieser Arbeit wird untersucht, inwieweit Er:Glas-Laser eine brauchbare Alternative für diese Anregung darstellen.

Bei diesen Lasern handelt es sich um gütegeschaltete Festkörperlaser, die unter anderem in Entfernungsmessgeräten so wie in der Hautbehandlung zum Einsatz kommen.

In der Theorie können diese Module vergleichbare optische Energien wie zum Beispiel Stickstofflaser erzeugen, und sollten damit ebenfalls zur Anregung akustischer Wellen geeignet sein.

Sollten diese Lasermodule die notwendigen Anforderungen auch in der Praxis erfüllen, so würden diese neben dem Vorteil vergleichsweise geringen Anschaffungskosten aufgrund ihrer sehr geringen Baugrößen die Realisierung kompakterer Messaufbauten ermöglichen.

10. Materialcharakterisierung von geschichteten Strukturen

Marcel Nicolai

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

XXX