

# „Maschinenakustik“

## Programm und Kurzfassungen der Vorträge

29. 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: 11.10.2024

### Donnerstag, 17.10.2024

Mittlerer Hörsaal (im rechten Seitenflügel, 1. OG)	
9:30	<b>Willkommen</b> Jens Prager, Christian Adams
9:40	<b>1. Zeiteffiziente, unsicherheitsrobuste Optimierung großer Finite-Elemente-Modelle mittels datengetriebener Ersatzmodelle in der Vibroakustik</b> Sophie Cram [a], Jiale Yu, Marinus Luegmair, Marcus Maeder [b], Steffen Marburg [b] [a] BMW AG, [b] TU München
10:20	<b>2. Voruntersuchung der akustischen Emission einer elektrischen Maschine für einen parallel-hybriden Hubschrauberantrieb</b> Sebastian Hakansson, Thomas F. Geyer DLR Cottbus
11:00	Kaffeepause
11:20	<b>3. Optimierung der akustischen Eigenschaften des Schienenwegs durch die gezielte Variation kontinuierlicher Oberbauparameter entlang des Gleises</b> Maximilian Mantel, Katja Stampka, Ennes Sarradj TU Berlin
12:00	<b>4. Vibroakustische Analyse und Optimierung eines Kältemittel-Scroll-Verdichters</b> Lukas Saur, Stefan Becker Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
12:40	Mittagessen
13:40	<b>gemeinsame Sitzung</b> des Fachausschusses Physikalische Akustik der Deutschen Gesellschaft für Akustik (DEGA) und des Fachverbands Akustik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) – Gäste sind willkommen!
14:20	<b>5. Akustische Metamaterialien und ihre Integration in das industrielle Umfeld</b> Felix Kronowetter, Anton Melnikov, Mariia Krasikova, Steffen Marburg TU München

15:00	<b>6. Akustische Schwarze Löcher – Design und Anwendung</b> Steffen Hoffmann, Tobias Paul Ring, Sabine C. Langer <i>TU Braunschweig</i>
15:40	<b>Kaffeepause</b>
16:00	<b>7. Developing a digital twin of a human knee prosthesis for acoustic analysis</b> Andreas Wurzinger [a], Bernhard Mayr-Mittermüller [b], Harald Sima [b], Stefan Schoder [a] <i>[a] TU Graz, [b] Otto Bock Healthcare Products GmbH</i>
16:40	<b>8. Auftrennung der vibroakustischen Ausbreitung durch eine Fluid-Struktur-Kopplungsfläche</b> Simon Kersten, Michael Vorländer <i>Institut für Hörtechnik und Akustik, RWTH Aachen</i>
17:20	<b>9. Dämpfung freier Schwingungen im Hilbert-Huang-Spektrum</b> Christian Adams [a,b], Sebastian Oberst [b] <i>[a] Technische Universität Graz, [b] University of Technology Sydney</i>
ca. 18:00	Ende des Vortragsprogramms am Donnerstag
ab 19:00	gemeinsames Abendessen im Lichtenberg-Keller

### **Freitag, 18.10.2024**

<b>Mittlerer Hörsaal (im rechten Seitenflügel, 1. OG)</b>	
9:20	<b>10. Advanced Damping Control Techniques for Plate Structures</b> Giada Cardellino [a], Christian Adams [b], Francesco Franco [a], Giuseppe Petrone [a], Sergio De Rosa [a] <i>[a] TU Darmstadt, [b] TU Graz</i>
10:00	<b>11. Psychoakustik und maschinelles Lernen im End of Line Umfeld - Beispiele aus der Praxis</b> Tareq Mangal, Matthias Wegerhoff <i>HEAD acoustics GmbH</i>
10:40	<b>Kaffeepause</b>
11:00	<b>12. Intelligentes Monitoring von Industriergeräuschen durch den Einsatz KI-basierter akustischer Überwachung in der industriellen Produktion</b> Katharina Anding <i>Fraunhofer IDMT</i>
11:40	<b>13. Air Leakage Detection for Pneumatic Drives using MEMS Microphones and Machine Learning</b> Christian Fuchs <i>Universität des Saarlandes</i>
12:20	<b>Zusammenfassung, Abschlussdiskussion und Verabschiedung</b> Jens Prager, Christian Adams
12:30	gemeinsames Mittagessen (Ende des Workshops)

## Kurzfassungen/Inhalte der Vorträge

### **1. Zeiteffiziente, unsicherheitsrobuste Optimierung großer Finite-Elemente-Modelle mittels datengetriebener Ersatzmodelle in der Vibroakustik**

Sophie Cram [a], Jiale Yu, Marinus Luegmair, Marcus Maeder [b], Steffen Marburg [b]  
*[a] BMW AG, [b] TU München*

Die Automobilindustrie konzentriert sich stark auf die Virtualisierung, was zu mehr Simulationen zunehmend komplexerer Modelle führt. Solche Modelle werden mehrmals evaluiert, um unsichere Parameter zu untersuchen. Dies erhöht die Rechenaufwände noch weiter. Daher besteht eine hohe Nachfrage nach einer schnellen Bewertung von Designänderungen in mehreren Disziplinen, einschließlich der Vibroakustik, bei der die Modelle Strukturmechanik und Akustik kombinieren. Die Finite-Elemente-Simulation großer Modelle führt jedoch zu ausgedehnten Rechenzeiten durch iteratives Vorgehen und vielen Varianten, bis die Anforderungen erfüllt sind. Darüber hinaus müssen Unsicherheiten in der deterministischen Finite-Elemente-Simulation durch mehrfaches Abtasten verschiedener sensitiver Parameter berücksichtigt werden, um in den frühen Entwicklungsphasen fundierte Urteile zu treffen.

In diesem Beitrag präsentieren die Autoren einen schnellen Designoptimierungsprozess basierend auf einem Ersatzmodell (neuronales Netz) eines Finite-Elemente-Modells eines Fahrzeuges. Darüber hinaus berücksichtigt die Analyse automatisch unsichere Parameter. Wir bewerten die Genauigkeit des Ersatzmodells in Bezug auf die erforderliche Anzahl von Datensätzen und die Anzahl der Designparameter. Der Break-even-Point zwischen dem präsentierten Optimierungsprozess und einzelnen Modellbewertungen zeigt die Vorteile des präsentierten Prozesses für eine schnellere Bewertung von Designänderungen.

### **2. Voruntersuchung der akustischen Emission einer elektrischen Maschine für einen parallel-hybriden Hubschrauberantrieb**

Sebastian Hakansson, Thomas F. Geyer  
*DLR Cottbus*

Um die europäischen Ziele zur Reduzierung von schädlichen Treibhausgasen und Lärm zu erreichen, werden derzeit neue Flugzeugkonzepte mit elektrischen Antriebssystemen untersucht. Teil dieser Systeme werden elektrische Maschinen sein, die beispielsweise zum Antrieb von Propulsoren verwendet werden. Auch Konzepte zur weiteren Elektrifizierung von Hubschraubern werden in diesem Zusammenhang betrachtet. In elektrischen Maschinen gibt es, abhängig von der gewählten Topologie, eine Reihe von Lärmquellen, welche zur gesamten Geräuschemission des elektrischen Antriebsstrangs beitragen. Zusätzlich wird für zukünftige elektrifizierte Antriebsstränge in der Luftfahrt eine sehr hohe Leistungsdichte gefordert, weshalb alle Komponenten auf ein möglichst geringes Gewicht ausgelegt werden. Diese Fokussierung auf die Leistung kann in einigen Fällen zu Lasten einer guten akustischen Auslegung gehen und somit zu einer erhöhten Schallentstehung führen. Um ein besseres Verständnis der Geräuschemission elektrischer Maschinen im Zusammenhang mit elektrifizierten Luftfahrtantrieben zu erhalten, wird eine, für den Einsatz in einem parallel-hybriden Antriebssystem eines leichten Mehrzweckhubschraubers vorgesehene, elektrische Maschine ausgewählt und mittels FEM simuliert. Anschließend wird der durch die elektromagnetischen Kräfte erzeugte Lärm numerisch ermittelt und beispielhafte Simulationsergebnisse vorgestellt. Dazu wird eine klassische Berechnung der Equivalent Radiated Power (ERP) auf Basis einer Frequenzganganalyse durchgeführt und die Ergebnisse anschließend für eine Ordnungsanalyse verwendet.

### **3. Optimierung der akustischen Eigenschaften des Schienenwegs durch die gezielte Variation kontinuierlicher Oberbauparameter entlang des Gleises**

Maximilian Mantel, Katja Stampka, Ennes Sarradj  
*TU Berlin*

Die Reduktion von Lärm im Schienenverkehr gilt als Schlüsselaspekt für den Ausbau des deutschen

Schienennetzes. Rollgeräusche stellen in diesem Zusammenhang eine ausschlaggebende Lärmursache dar, welche auf den Rad-Schiene-Kontakt zurückzuführen sind. Gegenstand der Untersuchung ist die Beurteilung möglicher Auswirkungen auf das Rollgeräusch durch Abweichungen in der regelmäßigen Struktur des Oberbaus. Über ein numerisches FDM-Modell gilt es dabei, korrelierte und unkorrelierte Unordnung durch die periodische und stochastische Variation der Zwischenlagenpadsteifigkeit, der Schwellenmasse und des Schwellenabstands zu erzeugen. Es erfolgt mithilfe eines Brute-Force Verfahrens die Identifikation optimierter Oberbauausführungen nach unterschiedlichen Zielkriterien. Dabei zeigt sich, dass eine Verbreiterung des Sperrbands, insbesondere bei der periodischen Kombination aus weichen und harten Zwischenlagenpads einsetzt. Die Analyse der stochastischen Variation des Schwellenabstands mit einer hohen Streuung mündet hingegen in einer starken Abschwächung der dominanten Pinned-Pinned-Frequenz. Gleichermaßen gelingt die positive Beeinflussung aller Zielkriterien über die parallele periodische Variation der Padsteifigkeit und des Schwellenabstands. Durch die Bündelung aller Erkenntnisse der einzelnen und kombinierten Variationen erfolgt schlussendlich die gezielte gemeinsame Variation aller Oberbaueigenschaften, was zur insgesamt wirkungsvollsten Beeinflussungsmöglichkeit führt.

#### **4. Vibroakustische Analyse und Optimierung eines Kältemittel-Scroll-Verdichters**

Lukas Saur, Stefan Becker

*Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg*

In elektrifizierten Fahrzeugen können Nebenaggregate eine dominante Lärmquelle darstellen, darunter auch der Kältemittelverdichter. Im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor benötigen E-Fahrzeuge größere Kältemittelverdichter, da neben dem Innenraum auch die Batterie und die Elektromotoren gekühlt werden müssen.

Verschiedene Anregungsarten im Verdichter führen zu Schwingungen der Verdichteroberfläche und zur Abstrahlung von Luftschall. Strömungsmechanische Wechselkräfte, die aus dem zyklischen Verdichtungsprinzip resultieren, wirken auf strömungsführende Bauteile, während Wechselkräfte, die durch die Unwucht der exzentrisch laufenden Verdichterschnecke oder durch Drehmoment-schwankungen an der Antriebswelle entstehen, über die Lagerstellen auf das Gehäuse übertragen werden.

Um die Schallentstehungsmechanismen im Verdichter zu identifizieren, wurden Schwingungsmessungen der Verdichteroberfläche mittels Laser-Scanning-Vibrometrie und die Schallabstrahlung mithilfe einer Schallintensitätssonde charakterisiert. Dieser Beitrag veranschaulicht den Zusammenhang zwischen Schwingungen und der Schallabstrahlung eines Scroll-Verdichters. Die Schallspektren von Körper- und Luftschall werden von drehzahlabhängigen, tonalen Komponenten dominiert. Schwingungsresonanzen, die durch die Anregung von Eigenmoden des Verdichters entstehen, beeinflussen die Amplituden und die Abstrahlungscharakteristik der tonalen Komponenten.

Zur Reduktion der Schallabstrahlung wurde ein Schwerschichtbelag auf die Verdichteroberfläche aufgebracht, dessen Einfluss auf das vibroakustische Verhalten des Verdichters untersucht wurde. Die Ergebnisse liefern wertvolle Hinweise für die Entwicklung geeigneter Schallreduktionsmaßnahmen an Kältemittelverdichtern.

#### **5. Akustische Metamaterialien und ihre Integration in das industrielle Umfeld**

Felix Kronowetter, Anton Melnikov, Mariia Krasikova, Steffen Marburg

*TU München*

Der Lärmschutz gewinnt zunehmend an Bedeutung. Insbesondere die Elektrifizierung stellt uns als Ingenieure vor neue Herausforderungen. Ein innovativer Ansatz zur Lärminderung sind akustische Metamaterialien (AMMs). In diesem Vortrag werden AMMs in verschiedenen industriellen Anwendungen vorgestellt. Zunächst wird der Einsatz von AMMs zur Lärminderung von Bühnenmaschinen diskutiert. Neben der Lärminderung ist auch die Belüftung der Anlage von Bedeutung. Die Berechnung, Funktionsweise und Feinabstimmung von Sonic Crystals in Verbindung mit lokalen Resonanzen wird vorgestellt. Anschließend wird der Einfluss von AMMs auf das Rollgeräusch von Fahrzeugen dargestellt. Es wird auch ein kurzer Exkurs darüber gegeben, wie AMM in eVTOLs eingesetzt werden können. Besonderes Augenmerk wird auf den Unterschied zwischen akademischen Charakterisierungsmethoden und der realistischen Anwendung im Gesamtsystem gelegt. Abschließend wird der Einfluss von Gütefaktoren auf die Lärminderung diskutiert.

## 6. Akustische Schwarze Löcher – Design und Anwendung

Steffen Hoffmann, Tobias Paul Ring, Sabine C. Langer

*TU Braunschweig*

Akustische Schwarze Löcher (ASL) sind eine intelligente Maßnahme zur Minderung von Strukturvibrationen und kombinieren einen hohen Dämpfungsverlustfaktor mit einer geringen bis gar keiner Erhöhung der Gesamtmasse einer Struktur. Daher sind sie für viele Anwendungen im Verkehrs- und Luftfahrtentwicklung sowie im Bauingenieurwesen geeignet.

Das grundlegende Konzept der ASL besteht darin, bestimmte Bereiche einer Struktur gezielt zu schwächen, gepaart mit der Anwendung eines Dämpfungs-Patches. Diese Schwächung führt sowohl zu hohen Amplituden und damit zu ausgeprägten Dehnungen des Belags als auch zu reduzierten Wellengeschwindigkeiten, was eine äußerst effiziente Nutzung des Dämpfungsmaterials ermöglicht. Um dies zu erreichen, müssen ASL angemessen auf einer Struktur platziert und entsprechend geformt werden. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse von Untersuchungen präsentiert, die die Auswirkungen der äußeren Form und der Formfunktion beleuchten, die ein ASL definieren. Dabei stehen sowohl generische Plattenstrukturen als auch realistische Serienbauteile im Fokus. Die Ergebnisse werden im Kontext verschiedener akustischer Bewertungsgrößen sowie hinsichtlich ihrer Herstellbarkeit interpretiert.

## 7. Developing a digital twin of a human knee prosthesis for acoustic analysis

Andreas Wurzinger [a], Bernhard Mayr-Mittermüller [b], Harald Sima [b], Stefan Schoder [a]

*[a] TU Graz, [b] Otto Bock Healthcare Products GmbH*

Acoustic emissions play a major role in the usability of many product categories, including medical products like a human knee prosthesis. Therefore, mitigating the emitted sound directly at the source is paramount to improve usability and customer satisfaction. To reliably predict acoustic emissions, numerical methods such as the computational fluid dynamics, finite element method, and boundary element method are employed on subcomponents. These models form a digital twin of a human knee prosthesis, which allows for predicting the acoustic emission into the free field. This acoustic digital twin aims to analyze acoustic source hot spots inside the physical product for improvements. We show the setup of this acoustic effects simulation platform and present selected results discussing a realistic walking cycle.

## 8. Auftrennung der vibroakustischen Ausbreitung durch eine Fluid-Struktur-Kopplungsfläche

Simon Kersten, Michael Vorländer

*Institut für Hörtechnik und Akustik, RWTH Aachen*

Die Fluid-Struktur Wechselwirkung an einer Kopplungsfläche umfasst zwei Mechanismen: (1) die Abstrahlung von Strukturschwingungen, (2) die Einleitung von Schwingungen durch auf die Fläche wirkenden Schalldruck. Um die Rolle einer Fläche bei der Ausbreitung von Schall und Schwingungen in komplexen vibroakustischen Systemen zu verstehen, ist es essenziell zwischen diesen Mechanismen zu unterscheiden – sei es bei der Analyse der Schwingungen der Fläche selbst oder bei ihrem Beitrag zum Schalldruckfeld. Bestehende numerische Analyseansätze sind häufig energiebasiert, sodass diese keine Details in Betrag und Phase liefern, oder die Ansätze können nicht uneingeschränkt angewendet werden, zum Beispiel weil sie auf schwache Kopplung oder hohe Frequenzen beschränkt sind.

In diesem Vortrag stellen wir eine Methode vor, welche die vibroakustische Ausbreitung durch eine gewählte Fluid-Struktur-Kopplungsfläche in die unterschiedlichen Effekte von struktureller Abstrahlung und fluidinduziertem Druck zerlegt, wobei die grundlegenden Prinzipien der Fluid-Struktur-Kopplung und linearer zeitinvarianter Systeme genutzt werden. Der Ansatz wendet die Finite-Elemente-Methode auf drei miteinander verbundene Teilprobleme an: eines enthält die Anregung, die beiden anderen Teilprobleme erfassen separat die Effekte der strukturellen Abstrahlung und des Fluiddrucks. Diese Zerlegung wird für die Freiheitsgrade im gesamten Modell erreicht, was eine detaillierte Analyse der aufgetrennten physikalischen Felder und abgeleiteter Größen ermöglicht. Es

wird gezeigt, dass die Methode zu keinen zusätzlichen Unsicherheiten in vibroakustischen Simulationen führt, da die Superposition der Lösungen der Teilprobleme exakt der Lösung des vollständig gekoppelten Problems entspricht.

## 9. Dämpfung freier Schwingungen im Hilbert-Huang-Spektrum

Christian Adams [a,b], Sebastian Oberst [b]

[a] Technische Universität Graz, [b] University of Technology Sydney

Dämpfung lässt freie Schwingungen mit der Zeit abklingen und beeinflusst maßgeblich die Amplituden von erzwungenen Schwingungen. Somit ist sie essenziell für technische Lärminderung, Stabilität dynamischer Systeme, Materialcharakterisierung und auch für natürliche Materialien wie beispielsweise Holz sowie für Bioakustik und Biotremologie. Das Abklingen von freien Schwingungen wird häufig mit exponentiellen Abklingkurven in Verbindung gebracht, da Relaxationsvorgänge die maßgeblichen physikalischen Mechanismen für Dämpfung in Werkstoffen sind. Tatsächlich klingen freie Schwingungen in einfachen Strukturen wie Balken, Stäben oder Platten in der Regel nicht exponentiell ab, sondern mit einem Potenzgesetz. Daraus folgt die Hypothese, dass mehrere Relaxationsvorgänge zur Dämpfung beitragen. Der Vortrag zeigt am Beispiel eines frei ausschlagenden Kragbalkens, wie gemessene Abklingkurven in empirische Moden zerlegt werden können, die jeweils exponentiell abklingen und jeweils einen Relaxationsvorgang darstellen. Die empirischen Moden werden anschließend im Hilbert-Huang-Spektrum analysiert und ihre Eigenschaften werden diskutiert. Die Hilbert-Huang-Transformation eignet sich besonders für die Analyse nichtlinearer und nichtstationärer Daten, da sie keine strengen Annahmen an die Daten stellt und sich an die Daten anpassen kann. Dies macht sie zu einer sehr vielseitig einsetzbaren Signalverarbeitungsmethode. Allerdings müssen Aspekte wie Modentrennung, Rechenaufwand und Rauschempfindlichkeit beherrscht werden. Ziel des Vortrags ist es, mit den Analysen im Hilbert-Huang-Spektrum das Verständnis für Dämpfung in Werkstoffen zu vertiefen. Dies soll dazu beitragen, Dämpfung in den genannten Anwendungsgebieten besser zu beherrschen und gezielter nutzen zu können.

## 10. Advanced Damping Control Techniques for Plate Structures

Giada Cardellino [a, b], Christian Adams [c], Francesco Franco [b], Giuseppe Petrone [b], Sergio De Rosa [b]

[a] Technische Universität Darmstadt, [b] Universität Neapel Federico II, [c] Technische Universität Graz

Vibrations pose significant challenges in the aerospace industry, affecting performance, reliability, and safety. These oscillations can originate from external forces, material properties, or operational conditions, impacting sectors such as aerospace, automotive, civil engineering, and industrial machinery. Addressing this issue, various vibration control techniques have been developed, with active vibration control gaining prominence in the aeronautical context. Active control involves dynamically manipulating a system's behavior in real-time to suppress undesirable vibrations using feedback mechanisms and actuators. This allows for precise adjustments, optimizing performance under varying conditions. Key components include sensors, controllers, and actuators, which work together to reduce vibrations, enhance stability, and prolong component lifespan. Passive damping methods, which rely on damping elements like viscoelastic materials or tuned mass dampers, have also been widely used to mitigate vibrations. However, these methods lack the adaptability and precision of active control systems, particularly under varying operational conditions. The importance of damping in structural vibrations has increased, particularly within the framework of similitude theory, which allows conclusions about a structure's vibration behavior based on small scale testing. This theory defines the original structure as the parent and the scaled structure as the replica or avatar, depending on the complete or partial similitude. Recent studies have focused on developing scaling laws for structures with different damping characteristics. This study investigates active damping control in plate structures, presenting control strategies, theoretical results on thin plates, and a numerical approach as a precursor to experimental validation.

## **11. Psychoakustik und maschinelles Lernen im End of Line Umfeld - Beispiele aus der Praxis**

Tareq Mangal, Matthias Wegerhoff  
*HEAD acoustics GmbH*

Effiziente industrielle Produktionsprozesse erfordern eine steigende Durchsatzrate bei gleichzeitig uneingeschränkter hoher Produktionsqualität. Die akustische Qualitätskontrolle in der End-of-Line-Prüfung hat sich zur Bewältigung dieser Herausforderung etabliert. Sie gewinnt in Kombination mit fortschrittlichen Techniken des maschinellen Lernens und der Psychoakustik an Popularität. Der Vortrag zeigt den aktuellen Stand der Technik anhand von zwei Beispielen aus der Industrie, wie sowohl transiente Geräusche („Klicken“) als auch quasi-stationäre Geräusche („Ein-/Ausklappen von Seitenspiegeln“) in einem EoL-Umfeld effektiv detektiert werden.

## **12. Intelligentes Monitoring von Industriegeräuschen durch den Einsatz KI-basierter akustischer Überwachung in der industriellen Produktion**

Katharina Anding, Joachim Bös  
*Fraunhofer IDMT*

Die Herausforderungen in der Qualitätssicherung industrieller Produktionsprozesse liegen in der Realisierung nichtinvasiver (zerstörungsfreier), echtzeitfähiger und präziser Inline- und End-of-Line-Überwachungsverfahren sowie in der Auswahl und Anwendung geeigneter Sensortypen und angepasster KI-Algorithmen. Wo die in der Praxis häufig als nichtinvasiv eingesetzten optischen Überwachungsmethoden bei der Detektion ausgewählter Fehlerbilder verschiedener Fertigungsprozesse an ihre Grenzen stoßen, müssen andere Methoden und Sensorsignale eingesetzt bzw. als multimodale Datenrepräsentationen ergänzt werden, um ausreichend gute Erkennungsraten zu gewährleisten. Eine effektive Möglichkeit stellt hier die Ergänzung durch akustische Sensordaten dar. Das Potenzial der akustischen Signalanalyse liegt in der Möglichkeit der Realisierung von Ereignis- und Fehlerdetektion, permanenter Zustandsüberwachung, vorausschauender Wartung zur Optimierung der Anlagenlebensdauer und Vermeidung von Ausfällen, kontinuierlicher Qualitätskontrolle, Prozessautomatisierung zur Effizienzsteigerung und Kosteneinsparung sowie Sicherheitsüberwachung für Anlagensicherheit und Arbeitsschutz. Im Rahmen des Vortrags werden KI-basierte intelligente akustische Überwachungsverfahren für ausgewählte industrielle Prozesse vorgestellt.

## **13. Air Leakage Detection for Pneumatic Drives using MEMS Microphones and Machine Learning**

Christian Fuchs  
*Universität des Saarlandes*

Some defects in industrial machines and pipe systems can be detected by experts based on acoustic events. The previous success in speech recognition motivates the use of machine learning for industrial acoustic measurements.

There are various options to detect leakages. One of the more common ways is detecting pressure drops in pipe systems – water pipes for example. Another option is the use of gas sensors. In previous publications, also acoustic leakage detection was simulated and performed with different sensor types. Those sensor types are vibration sensors, acoustic cameras, acoustic emission sensors and a single microphone. Here, a concept is needed to detect air leakages at piston rod seals of pneumatic drives at low cost and with small dimensions.

For economic reasons, using a single microphone, like a MEMS microphone, is a cost and space efficient solution. Furthermore, the results should be understandable and to be trusted. Therefore, the first focus lies on the interpretability of the results, which motivates the use of supervised “Feature Extraction, -Selection, and Regression” (FESR). Especially extracting physically meaningful features with a following supervised feature selection provides tools for explainability. The second focus lies on the robustness against individual drives so that the result returns a more realistic statement about the applicability in the field.