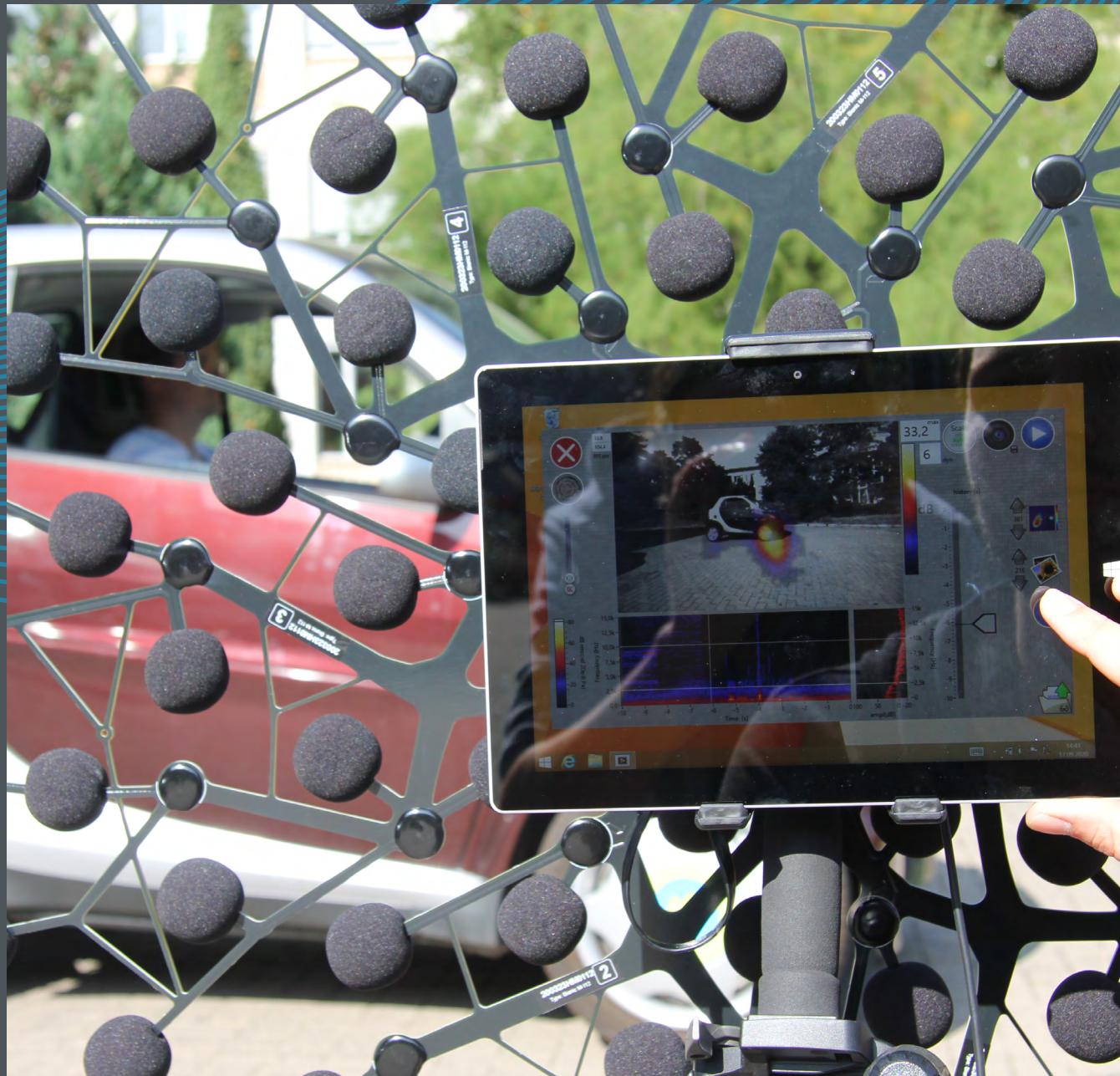


# AKUSTIK JOURNAL



Die Akustik neuer Antriebskonzepte im Rahmen der Mobilitätswende ■ Dynamische Aspekte beim Schallempfang im Meer ■ Fragen zur Ethik in der Akustik ■  
Preisträgerinnen und Preisträger der DEGA 2022 ■ Jahrestagung DAGA 2022 in Stuttgart ■ Einladung DEGA-Mitgliederversammlung ■ Tag gegen Lärm – International Noise Awareness Day 2022 ■  
DEGA-Akademie-Kurse im Jahr 2022 ■ Memorandum zur ASR A3.7 „Lärm“ ■



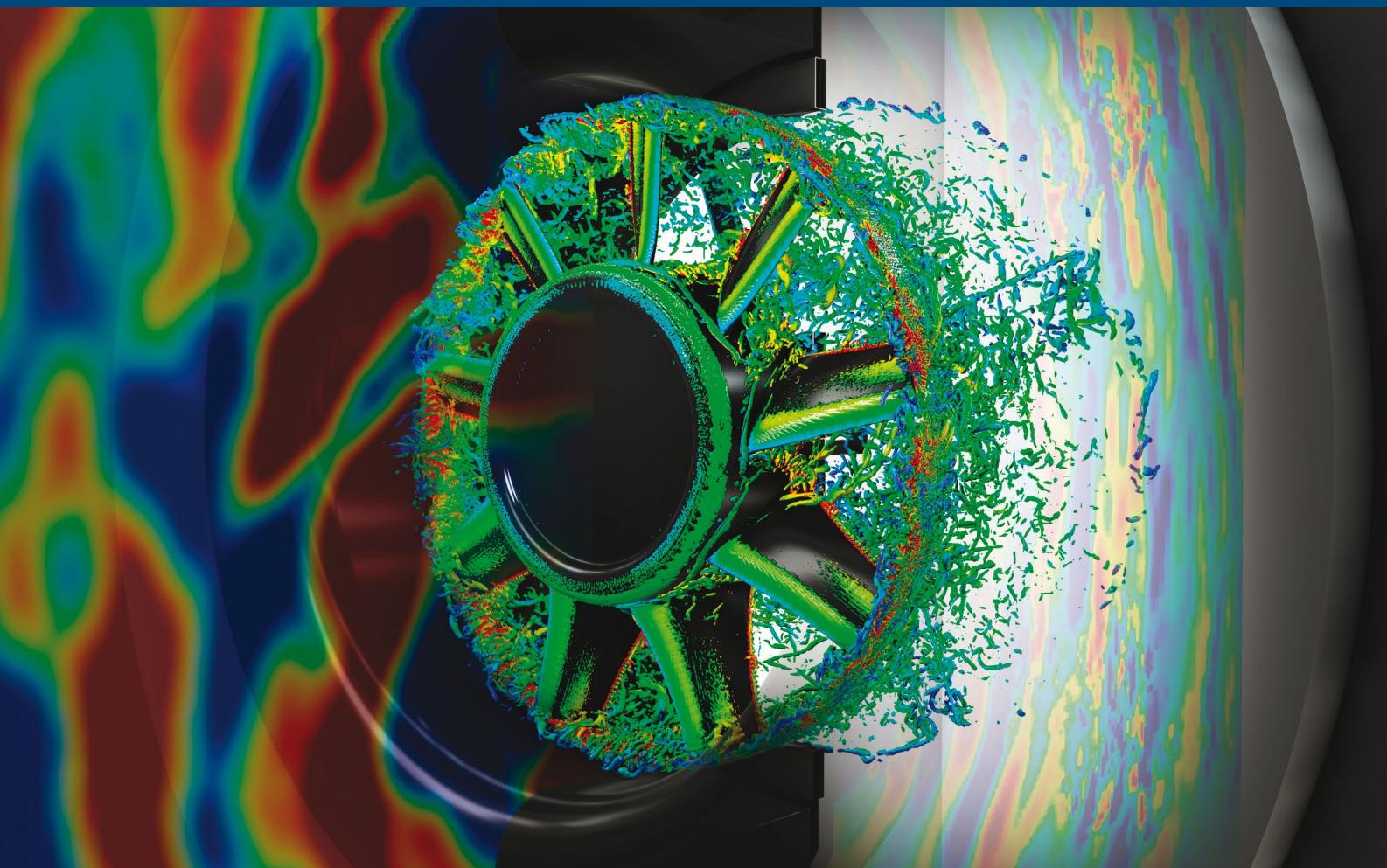
# STRÖMUNGSAKUSTIK SIMULATION

Wärmepumpen – Klimaanlagen – Lüfter

Haben auch Sie weiter steigende akustische Anforderungen?  
Wie passen Sie Ihre Produktentwicklung effizient an?

Simulieren und visualisieren Sie Ihre strömungsaustischen Phänomene und optimieren Sie Ihre Produkt-Validierungsstrategie.

Durch unsere Lattice-Boltzmann Methode lassen sich Schallquellen lokalisieren und gezielt beeinflussen.



**3DEXPERIENCE**

## Reduzieren Sie:

- Prototypen
- Tests
- Kosten
- Zeit

## Erhöhen Sie:

- + Sicherheit
- + Qualität
- + Wettbewerbsfähigkeit
- + Nachhaltigkeit

Erfahren Sie mehr über unsere  
Strömungsaustik-Lösung  
SIMULIA PowerFLOW:  
<https://bit.ly/3qChiqs>



# Editorial

## Bau – Raum – Akustik im Wandel?!

Liebe Leserinnen und Leser,

die schalltechnischen Aspekte des Bauens sind Gegenstand der klassischen Bau- und Raumakustik. Nach fast zwei Jahren Home-Office kommt in verschiedenen Kontexten, und zum Teil auch aus akustischen Gründen, durchaus der Wunsch nach Veränderung auf. Die Einschätzung und Wahrnehmung der Akustik in einem Raum oder einem Gebäude insgesamt ist ein Vorgang, der von vielen technischen, aber auch subjektiven Faktoren beeinflusst wird. Physik, Psychoakustik, Architektur, Innenarchitektur und Raumausstattung tragen zum Gelingen einer angemessenen und letztlich der für die Nutzung eines Raums und eines Gebäudes passenden Akustik bei.

Für die nötige Ruhe beim Wohnen, aber auch Arbeiten ist zunächst die Bauakustik gefragt. Hier hilft mitunter ein Blick ins Baurecht, oder auch gerade nicht. Baurechtlich verbindliche Normen (wie DIN 4109) werden aktuell in ungewohnter Geschwindigkeit nicht mehr nach Jahrzehnten, sondern letztmalig schon nach knapp 18 Monaten neu herausgegeben. Die kaum geänderten Mindest-Anforderungen, teilweise aus der Mitte des letzten Jahrhunderts, führen häufig zu Enttäuschungen und rechtlichen Auseinandersetzungen um den Schallschutz in Wohngebäuden. Die Raumakustik ist beim Wohnen meist von untergeordneter Bedeutung, sondern erlangt ihre Bedeutung im Bereich der Bildung und in Arbeitsstätten. Der typische Klassenraum heutzutage sieht gänzlich anders aus als noch vor einigen Jahrzehnten, wo in der Regel eine größere Gruppe junger Menschen in Reihenformation einer Person an der Tafel zuhören sollte. Kommunikation, Interaktion und Parallelität prägen modernes Lernen und auch Arbeiten. Dies führt auch raumakustisch zu neuen Erfordernissen – gerade die unendlichen Videoschalten während Corona offenbaren schonungslos raumakustische Defizite vieler Räume.

In den letzten Jahren ist eine Reihe aktualisierter Regelwerke in der Bau- und Raumakustik erschienen, teils als Fortschreibung bewährter und erprobter Normen (neue Rechenverfahren in der Bauakustik), teils als deutliche Erweiterung (wie der nun normativ beschriebene Bauteilkatalog in der Bauakustik). Der Ansatz der Normung, Anforderungen und Empfehlungen stets national zu definieren und die notwendigen Mess- und Rechenverfahren international zu harmonisieren hat sich hierbei bewährt. Normung stellt im Idealfall (nach den Vorgaben der DIN 820 Normungsarbeit) eine durch die interessierten Kreise im Konsens durchgeführte Vereinheitlichung von materiellen und immateriellen Gegenständen zum Nutzen der Allgemeinheit dar.

Themen wie Inklusion, barrierefreies Bauen, aber auch Zertifizierung von Gebäuden und Arbeitswelten erfordern ebenfalls Regelungen, die am besten durch Normung festgelegt und durch Planungen und Messungen nachgewiesen werden. Durch die Fortschritte der Computertechnologie haben sich die Rechen-



Christian Nocke  
Vorsitzender des DEGA-Fachausschusses  
Bau- und Raumakustik

zeiten in der Raumakustik in den letzten Jahren deutlich verkürzt und es sind komplexere Rechenmodelle der Bauakustik handhab- und anwendbar geworden. Akustik ist planbar. Nur anhand eindeutiger, nachvollziehbarer und damit transparenter Kriterien können die bau- und raumakustischen Eigenschaften bewertet und klassifiziert werden. Der Konsens von Expert:innen zu einem Thema, abgebildet in Form einer Norm oder Richtlinie, ist wertvolle Grundlage und Hilfe zugleich. Der DEGA-Fachausschuss Bau- und Raumakustik bringt hier durch die diversen Aktivitäten der Mitglieder bei Tagungen, bei DIN, CEN & ISO, im VMPA, in Kammern und Verbänden etc. sowie durch Veröffentlichungen (DEGA-Empfehlungen oder -Memoranden) mit seiner hohen und anerkannten Expertise einen maßgeblichen Anteil in die Diskussion und Fortentwicklung der Bau- und Raumakustik ein. Es bleibt zu hoffen, dass diese Dynamik und das weitgehend ehrenamtliche Engagement auch künftig erhalten bleiben.

Ihr  
Christian Nocke

# Inhalt

## Akustik Journal Nr. 01 / Februar 2022

- **5 Aktuelles**
- **7 Fachartikel**
  - 7 **Die Akustik neuer Antriebskonzepte im Rahmen der Mobilitätswende**  
Fabian Duvigneau, Sebastian Schneider, Florian Doleschal, Tommy Luft, Hermann Rottengruber, Jesko L. Verhey
  - 21 **Dynamische Aspekte beim Schallempfang im Meer**  
Jan Abshagen, Ivor Nissen
  - 33 **Fragen zur Ethik in der Akustik**  
Interview mit Monika Gatt
- **39 Ehrungen der DEGA**
  - 39 **Preisträgerinnen und Preisträger 2022**
- **40 Menschen**
  - 40 **Ehrungen, Gratulationen und Nachrufe**
    - 40 Rayleigh Medal 2021 für Prof. Michael Vorländer
    - 41 Nachrufe
- **45 Veranstaltungen**
  - 45 **Veranstaltungshinweise**
    - 45 DAGA 2022
    - 47 Tag gegen Lärm 2022
    - 47 DEGA-Akademie: Kurs „Bauakustik – von den Grundlagen zur Anwendung“
    - 48 DEGA-Akademie: Kurs „DEGA-Schallschutzausweis“
    - 48 DEGA-Akademie: Kurs „Raumakustik und Beschallungstechnik“
    - 49 DEGA-Akademie: Kurs „Soundscape – Konzeption, Standardisierung und Anwendungen in der Praxis“
    - 49 DEGA-Akademie: Kurs „Raumakustik kompakt“
  - 50 **Veranstaltungskalender**
- **51 DEGA**
  - 51 **Nachrichten und Mitteilungen aus der Fachgesellschaft**
    - 51 Einladung DEGA-Mitgliederversammlung
    - 51 Memorandum zur ASR A3.7 „Lärm“
  - 52 **Fachausschüsse und Fachgruppen der DEGA stellen sich vor: FA Bau- und Raumakustik**
  - 53 **Fachausschüsse / Fachgruppen**
  - 59 **Mitglieder / Fördermitglieder**
- **60 Normen / Richtlinien**
  - 60 **Neue Regelwerke zu den Themen Akustik und Lärmreduzierung (Okt. 2021 – Jan. 2022)**
- **62 Publikationen**
  - 62 **Zeitschriften, Tagungsbände, Empfehlungen und Memoranden, Broschüren etc.**
  - 64 **Buchrezension**
- **66 Impressum**

# Aktuelles

## Nachrichten aus der Akustik

### ■ DAGA 2022: 48. Jahrestagung für Akustik



Die 48. Jahrestagung für Akustik wird vom 21.–24.03.2022 in Stuttgart bzw. online (hybrid) stattfinden.

Alle Informationen zur Tagung (Termine, Anmeldung, Programm und Ausstellung) finden Sie auf den Seiten [45f](#) oder unter <https://www.daga2022.de>. ■

### ■ DEGA-Lärmschutzpreis: Verleihung am 23.03.2022

Die DEGA vergibt erstmals den neuen DEGA-Lärmschutzpreis. Dieser Preis prämiert umgesetzte, innovative Lösungen für den Lärmschutz und soll damit zu einem besseren Bewusstsein für die Bedeutung des Lärms als gesellschaftliche Aufgabe beitragen.

Wie bereits in Ausgabe 02/21 angekündigt, hat die Jury aus den eingesandten Bewerbungen als Gewinner-Beitrag des Jahres 2021 die Einbindung des Diffektions-Effektes in die Konstruktion einer Lärmschutzwand durch die Firma 4Silence B.V. in Enschede (NL) bestimmt. Die Bekanntgabe des Preises erfolgte bereits im Rahmen des International Year of Sound 2020–2021 bzw. zum Tag gegen Lärm – International Noise Awareness Day 2021.

Die ausführliche Vorstellung der prämierten Lösung und die Übergabe der Urkunde erfolgt während der Tagung DAGA 2022 am Mittwoch, den 23.03.2022 um 10:00 Uhr im Saal 47-01 der Universität Stuttgart (bzw. online). Weitere Informationen zur Auszeichnung finden Sie unter <https://www.dega-akustik.de/dega-laermeschutzpreis>. ■

### ■ DAGA-Posterpreis: Bewerbungen bis 06.03.2022

Bei der diesjährigen DAGA-Tagung in Stuttgart (bzw. online) wird es wieder eine Auszeichnung der besten Poster geben. Wie im letzten Jahr erfolgt die Bewertung durch eine Jury, und die Preisträgerinnen und Preisträger werden vor dem Plenarvortrag am Donnerstag, den 24.03.2022, bekannt gegeben (um 11:40 Uhr im Saal 47-01). Für einen ausreichenden zeitlichen Vorlauf werden alle interessierten Autorinnen und Autoren gebeten, ihr Poster in Form einer PDF-Datei bis spätestens Sonntag, den 06.03.2022 per E-Mail an die DEGA-Geschäftsstelle zu senden ([dega@dega-akustik.de](mailto:dega@dega-akustik.de)). Voraussetzung ist, dass das Poster während der DAGA-Tagung auch tatsächlich präsentiert wird. Dies betrifft sowohl Vor-Ort-Poster als auch Online-Poster. ■

### ■ Reisekostenzuschüsse „DEGA Young Scientist Grants“

Um jungen Forschenden die aktive Teilnahme an internationalen Tagungen mit dem Schwerpunkt Akustik zu ermöglichen, vergibt die DEGA Reisekostenzuschüsse. Es können Reisen gefördert werden, in deren Rahmen die Antragstellerin / der Antragsteller einen Vortrag oder ein Poster mit Veröffentlichung präsentiert. Ein Merkblatt mit sämtlichen Details und Anforderungen finden Sie hierzu auf der Seite <https://www.dega-akustik.de/preise-grants/ys-grants/>. ■

### ■ Rückblick auf das 14. DEGA-Symposium „Interaktive Auralisierung für die Planung von Räumen“



Am 12. und 13. November 2021 fand das 14. DEGA-Symposium zum Thema „Interaktive Auralisierung für die Planung von Räumen“ in Berlin statt. Gastgeber waren die Fachgebiete Audiokommunikation (S. Weinzierl) und Technische Akustik (E. Sarradj, A. Fiebig) der TU Berlin. Sieben Referenten haben das Thema „Auralisation“ aus akademischer und aus anwendungsspezifischer Perspektive beleuchtet, von der Planung von Konzertsälen bis zur Hörforschung. Die Vorträge wurden ergänzt durch Demonstrationen im neu eingerichteten Mixed Reality Design Lab von TU und UdK Berlin. Aufgrund der Pandemie-Beschränkungen konnten nicht mehr als 60 Teilnehmende zugelassen werden. Einige Vortragsfolien stehen auf der Webseite <https://www.dega-akustik.de/dega/14-symposium> zum Download bereit. ■

### ■ DEGA-Akademie

**Kurs „DEGA-Schallschutzausweis“**  
24.05.2022, online

**Kurs „Bauakustik – von den Grundlagen zur Anwendung“**  
26.–28.09.2022, Braunschweig

**Kurs „Raumakustik und Beschallungstechnik“**  
04.–07.10.2022, Aachen

**Kurs „Soundscape – Konzeption, Standardisierung und Anwendungen in der Praxis“**  
09.–11.11.2022, online

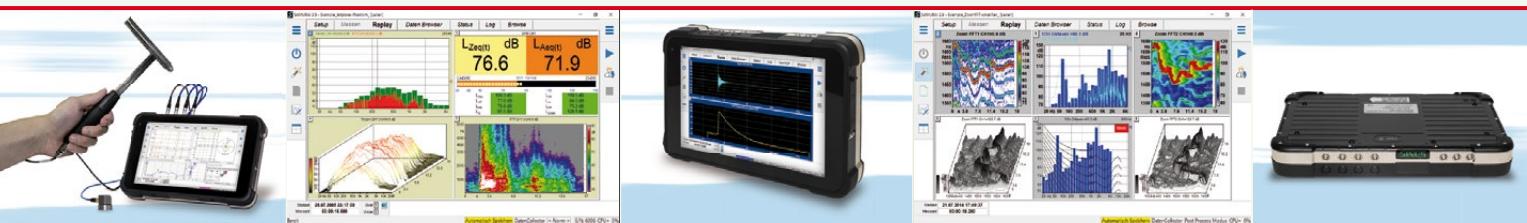
**Kurs „Raumakustik kompakt“**  
28.11.2022, Braunschweig

Ausführliche Informationen zu den Kursen finden Sie auf den Seiten [47ff](#) oder unter <https://www.dega-akustik.de>. ■

# NoisePAD™

## kompakt - universell - leistungsstark

**SINUS**  
Messtechnik GmbH



## NoisePAD™

NoisePAD ist ein eingetragenes Warenzeichen der SINUS Messtechnik GmbH

**NoisePAD** ist unser innovativer 4-Kanal Schallpegelmesser / Analysator für Akustik und Vibration. Die vielseitige und dabei nutzerfreundliche Software **SAMURAI™ 3.0** besteht aus der Basissoftware mit Datenrecorder + FFT Analysator je Kanal, die mit verschiedenen Optionen erweiterbar ist. Viele normgerechte Messungen sind gleichzeitig ausführbar, siehe unter [www.soundbook.de](http://www.soundbook.de). Für den temporären und permanenten Außeneinsatz - wie zur Überwachung von Baustellen - bieten wir ein spritzwassergeschütztes PELI-Case mit einem austauschbaren Lilon-Akku und der optionalen Anschlussmöglichkeit für ein Außenmikrofon mit automatischer Eichgitterkalibrierung.

### Technische Spezifikation

Eingänge	4 Kanäle 24 bit @ 51.2 kHz, ICP / direct, 2 Trigger-/Tacho-Kanäle
Ausgang	1 Ausgangskanal
Tablet PC	8" Industrie - Tablet, Intel ATOM Cherrytrail, 4 GB RAM, 128 GB SSD, Windows10
Display	Touchscreen - Display
Mechanik	IP 67, MIL810, Temperatur -20°C ... +50°C
Dimensionen	226 x 156 x 28 mm, 900 g mit Akku
Autonomie	>10 Stunden (mit PELI-CASE > 24 Stunden)
Interfaces	2x USB, HDMI, SD, WiFi, 4G, GPS, Bluetooth, Kamera



NoisePAD CASE



NoisePAD mit WME 980 + 3D-Seismometer



SINUS Messtechnik GmbH

Föpplstrasse 13  
04347 Leipzig

- Tel.: +49 341 24429-0
- Fax.: +49 341 24429-99

- [www.soundbook.de](http://www.soundbook.de)
- [info@soundbook.de](mailto:info@soundbook.de)

# Die Akustik neuer Antriebskonzepte im Rahmen der Mobilitätswende

Fabian Duvigneau, Sebastian Schneider, Florian Doleschal, Tommy Luft, Hermann Rottengruber, Jesko L. Verhey

**Die Antriebskonzepte werden sich im Rahmen der Mobilitätswende wandeln und vielseitiger werden. Dennoch sind viele der Methoden, die für die fossilen Verbrennungsmotoren entwickelt wurden, auf die neuen Antriebskonzepte übertragbar. Dies wird im Beitrag insbesondere bezüglich der wasserstoffbetriebenen Verbrennungsmotoren dargelegt. Es wird eine Vorgehensweise vorgestellt, die die Synergie aus Simulation und Experiment nutzt und dabei insbesondere die menschliche Hörwahrnehmung miteinbezieht. Im Rahmen elektrifizierter Antriebe kommt der Tonhaltigkeit als Wahrnehmung der tonalen Komponenten im Geräusch eine besondere Bedeutung zu, welche aus diesem Grund im vorliegenden Beitrag gesondert betrachtet wird. Der wesentliche Vorteil des vorgestellten ganzheitlichen Simulationsansatzes besteht darin, dass bis auf optionale Validierungszwecke keine realen Prototypen des Motors oder einzelner Komponenten benötigt werden.**

## Vorwort

Die zukünftigen Herausforderungen in der Mobilität sind vor allem gekennzeichnet von der Forderung nach Klimaneutralität und Nachhaltigkeit. Gleichzeitig weisen realistische Analysen darauf hin, dass weltweit ein massiver Anstieg von persönlicher Mobilität und vor allem des Waren- und Güterverkehrs eintreten wird. Um diese komplexe Situation zukünftig weltweit meistern zu können, wird die globale Gemeinschaft vielfältige Mobilitätslösungen, jeweils angepasst an die regionalen sowie globalen Randbedingungen, in Anspruch nehmen müssen. Das bedeutet auch, dass es eine global derart dominierende Antriebstechnologie, wie es zum Beispiel der Verbrennungsmotor in den vergangenen 100 Jahren gewesen ist, im 21. Jahrhundert nicht mehr geben wird. Vielmehr müssen auf unterschiedliche Märkte und Gegebenheiten angepasste Antriebslösungen gefunden und angewendet werden. Die europäischen Märkte und größtenteils auch der chinesische Markt werden stark von elektrifizierten Systemen wie dem BEV (Battery Electric Vehicle), insbesondere im PKW-Segment, geprägt sein.

Allerdings sind für große Transportleistungen, hohe Reichweitenanforderungen und größere Fahrzeuge

## Acoustics of new drive concepts in the light of sustainable mobility

Sustainable mobility will change the drive concepts and will result in a greater variability. Despite of these changes, the methods that were developed for the fossil combustion engine will still be applicable for the new drive concepts. This is shown particularly for the hydrogen combustion engine. An approach is presented that uses the synergies of simulations and experiments and specifically includes auditory perception. In the light of electric drives, the sensation associated with the perception of tones is of special importance; hence, it is discussed in a separate section. The advantage of the holistic simulation approach presented here is that, apart from optional validation purposes, there is no need of real prototypes of the engines or single components.

nach wie vor Hybridantriebe sowie zukünftig auch wasserstoffbasierte Antriebssysteme unverzichtbar. Diese sind meist auch im Hinblick auf die Life-Cycle-Emissionen und auf die infrastrukturellen Randbedingungen eine bessere und nachhaltigere Lösung als BEV mit übergroßen Batteriekapazitäten. Zu Bedenken ist hierbei, dass annähernd zwei Drittel der Verkehrsemissionen vom Lastverkehr, hier vor allem schwere Nutzfahrzeuge ab 40 t, verursacht werden. Ein solches Nutzfahrzeug benötigt, um eine in der Logistikbranche tagesübliche Kilometerleistung bewältigen zu können, nach dem aktuellen Stand der Technik eine bis zu 20 t schwere Batterie. Dies würde zu einer enormen Reduzierung der Transportmasse eines jeden einzelnen Nutzfahrzeugs führen. Entsprechend stellt es im Augenblick keine ernstzunehmende Lösung dar, auch diese Verkehrsteilnehmer mit batterieelektrischen Antrieben auszustatten. Eine mögliche Lösung für schwere Nutzfahrzeuge könnte der wasserstoffbetriebene Verbrennungsmotor sein, insbesondere wenn dieser mit grünem Wasserstoff ( $\text{CO}_2$ -frei produzierter Wasserstoff) betrieben wird. Alternativ wäre hierbei auch der Einsatz von Brennstoffzellen im Nutzfahrzeug denkbar. Vor diesem Hintergrund erscheint es fragwürdig, dass von Seiten der

Tab. 1: Möglicher zukünftiger Antriebsmix

Antriebsort	Fahrzeugtyp	Gewicht	Reichweite
Elektromotor mit Batterie (BEV)	PKW, LKW	leicht	Kurzstrecke (urban)
Elektromotor mit Brennstoffzelle	PKW, LKW	schwer	Langstrecke
Verbrennungsmotor mit grünem Wasserstoff	LKW	schwer	Langstrecke
Hybridfahrzeuge (Verbrennungsmotor und E-Motor)	PKW, LKW	schwer	Langstrecke
Verbrennungsmotor mit flüssigen synthetischen Kraftstoffen regenerativen Ursprungs (ausgenommen ist hier grüner Wasserstoff)	PKW, LKW	leicht	Langstrecke

deutschen und europäischen Gesetzgebung die Technologieoffenheit bezüglich des Fahrzeugantriebs zu gunsten der batterieelektrischen Systeme behindert, oftmals ignoriert oder sogar ausgeschlossen wird. In den weiteren Weltmärkten ist davon auszugehen, dass sich bis Mitte der 2030er Jahre im Pkw-Segment ein Mix aus alternativen Antriebskonzepten (hybride und wasserstoffbasierte Antriebe) und etwa 30–40 % BEV einstellen wird. Da in vielen Regionen der Erde die Versorgung mit regenerativ bereitgestellter elektrischer Energie bis dahin nicht sichergestellt werden kann, ist in diesen Regionen damit zu rechnen, dass konventionelle Antriebe weiterhin den Hauptanteil der Transportleistung erbringen werden. In diesen Regionen könnte der Einsatz von synthetisch hergestellten Kraftstoffen regenerativen Ursprungs im Verbrennungsmotor zielführend sein. Durch die Defossilisierung des Verbrennungsmotors ließen sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen kurz- und mittelfristig signifikant reduzieren, auch durch die Nutzung innerhalb der bestehenden Fahrzeugflotte. Aus den genannten Gründen ist es wahrscheinlich, dass im Verkehr zukünftig eine Mischung verschiedener Antriebe vorliegen wird. Ein aus heutiger Sicht sinnvoller Antriebsmix könnte, wie in Tabelle 1 skizziert, aussehen.

Die neuen Antriebsformen beeinflussen zweifelsohne auch die Akustik der Fahrzeuge, welcher in der Automobilentwicklung eine zunehmende Bedeutung zukommt. Sonstige Anforderungen der Kunden z. B. an die funktionalen und quantitativen Merkmale des Produkts werden immer schneller und präziser erfüllt. Deshalb treten zunehmend subjektive Eigenschaften wie der akustische Eindruck eines Fahrzeugs in den Vordergrund, die nicht direkt messbar sind, aber mit der Erwartungshaltung der Kunden an die Produktqualität übereinstimmen müssen. Durch das wahrgenommene Klangbild kann ein positiver Qualitätseindruck beim Kunden hervorgerufen und somit dessen Kaufentscheidung beeinflusst werden. Daher muss bei der Automobilentwicklung auch die Akustik von Fahrzeugen und deren Einzelkompo-

nenten im sogenannten NVH-Design berücksichtigt werden (NVH – Noise Vibration Harshness). Zusätzlicher Druck auf die Automobilindustrie wird durch die gesetzlichen Grenzwerte für Lärmemissionen generiert, die in den kommenden Jahren weiter herabgesetzt werden.

Bei batterieelektrischen und brennstoffzellen-elektrischen Fahrzeugen einschließlich ihrer Peripherie besteht akustischer Forschungsbedarf, da sich das akustische Verhalten zum Teil deutlich von dem bisherigen Standard der Verbrennungsmotoren unterscheidet. Fahrzeuge mit elektrischen Antriebsaggregaten können Probleme bezüglich der Klangqualität aufweisen, die sich in Dröhnen, Zischen, wahrnehmbare tonale Anteile aber auch generell in einer deutlich verstärkten Wahrnehmung von Subsystemen (notwendige Peripherie) äußern kann. Ein detailliertes Verständnis der Anregungsmechanismen der Komponenten sowie der damit verbundenen Hörwahrnehmung ist bisher nicht vorhanden. Die Herausforderungen für die akustische Auslegung müssen herausgearbeitet werden, um anschließend generelle Lösungen für das NVH-Design zu entwickeln. NVH-relevante und zu optimierende Einzelkomponenten von Kfz-Brennstoffzellen sind zum Beispiel der elektrische Kompressor beim Luftmanagement, die Umwälzpumpe des Wasserstoffmanagements, die Kühlung des Batteriemanagementsystems (Pumpen und Lüfter) sowie aktive Luftbefeuchter. Grundsätzlich müssen auftretende Strömungsgeräusche erfasst und notfalls reduziert werden. Der Elektromotor selbst ist vor allem durch das Auftreten tonaler Anteile auffällig. Auch die Aufhängungspunkte der Brennstoffzelle und des Elektromotors haben eine akustische Relevanz; sie sollten optimal ausgelegt sein, um Körperschalltransferpfade in die Karosserie bestmöglich zu unterdrücken.

Generell hat jede Antriebstechnik ihre ganz eigenen akustischen Herausforderungen. So unterscheidet sich z. B. die typische Geräuschcharakteristik eines Dieselmotors, welche im Allgemeinen als Dieselnageln bekannt ist, grundlegend von der eines Ottomo-

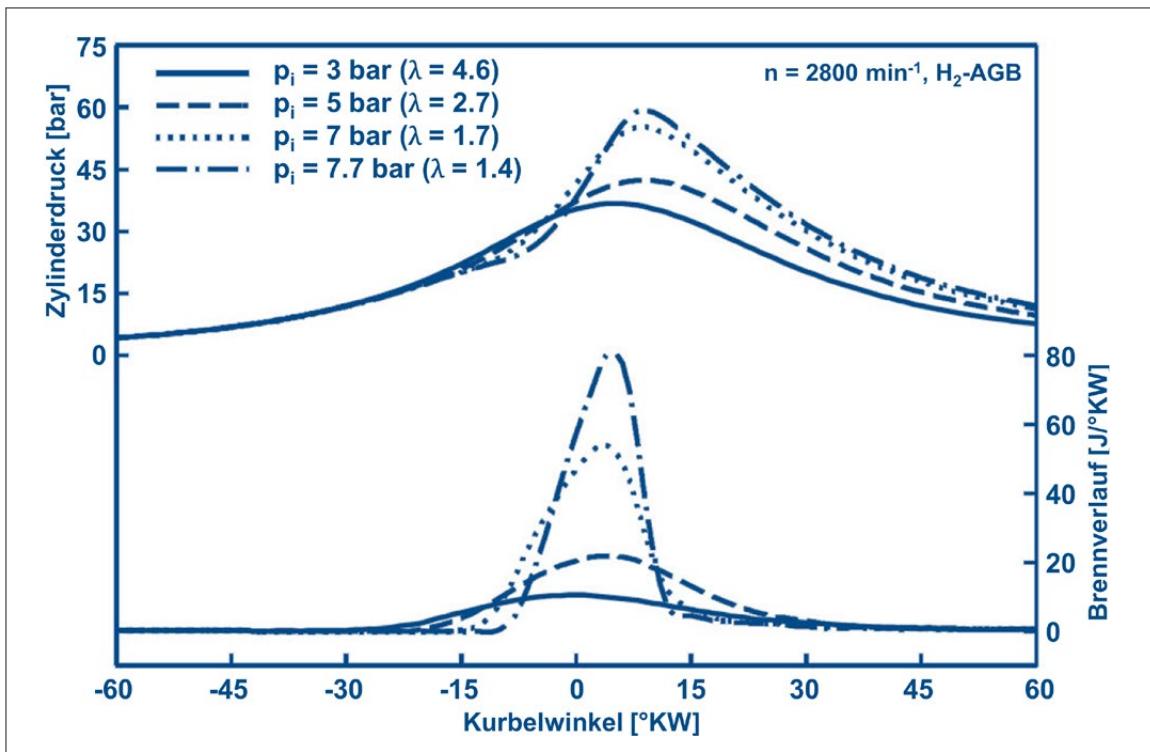


Abb. 1: Einfluss des Kraftstoff-Luft-Gemisches eines Wasserstoffverbrennungsmotors auf den Zylinderdruck- und Brennverlauf [1]

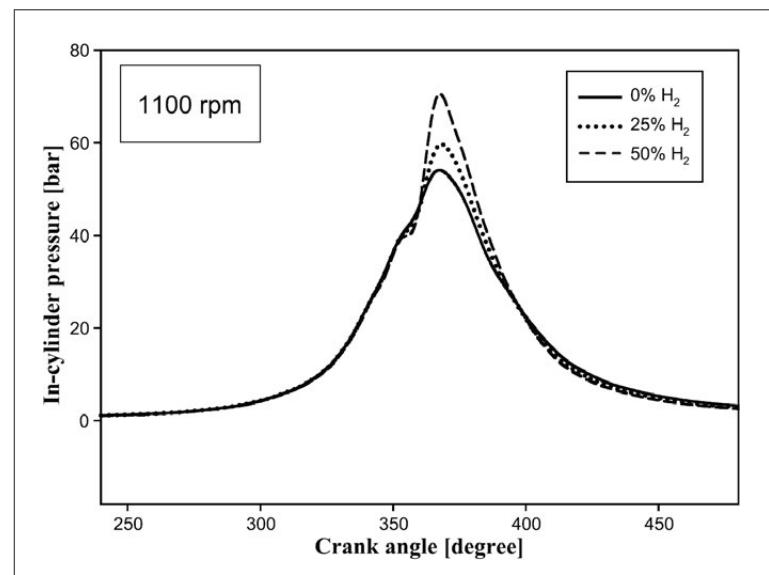
tors. Das eigentliche Verbrennungsgeräusch sowohl bei Saug-Ottomotoren als auch bei direkteinspritzenden Ottomotoren ist relativ leise, wodurch bei dieser Antriebsart die Nebenaggregate vermehrt akustisch auffallen. Beim Dieselmotor ist das impulsartige Verbrennungsgeräusch aufgrund des hohen Zylinderdruckgradienten kurz nach der Zündung des Gemisches im Brennraum gegenüber den Nebengeräuschen dominant. Aktuelle Forschungen zum Wasserstoffverbrennungsmotor deuten darauf hin, dass sich die Erkenntnisse von den klassischen Verbrennungsmotoren auch auf zukünftige Antriebstechniken übertragen lassen. So weist nach EIFLER [1] vor allem der Motorbetrieb mit niedrigerem Verbrennungsluftverhältnis  $\lambda$  einen höheren Zylinderdruckanstieg auf, was sich auch im Brennverlauf widerspiegelt, siehe Abbildung 1.

Ähnliche Erkenntnisse hinsichtlich des Zylinderdrucks lieferten die Untersuchungen von KARA-GÖZ ET AL. [2], bei welchen einem Dieselmotor zusätzlich Wasserstoff als Kraftstoff zugeführt wurde, siehe Abbildung 2. Hierbei führt eine prozentual zunehmende Beimischung von Wasserstoff, aufgrund des steigenden Zündverzugs, sowohl zu einem höheren Zylinderdruckmaximum als auch zu einem schnelleren Anstieg des Drucks.

Daraus lässt sich ableiten, dass auch der Wasserstoffverbrennungsmotor einen nagelnden Geräuschcharakter besitzt, welcher vermutlich wie beim Dieselmotor als eher unangenehm wahrgenommen wird.

In den, u. a. an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg durchgeführten, Projekten „Geräuscherregelter Dieselmotor“ [3] und „Körperschallbasierte Dieselmotorenregelung“ [4] wurde untersucht, wie die sogenannte Dieselnote (als Maß für das nagelnde Geräusch des Dieselmotors) mit Hilfe akustischer Sensoren bestimmt sowie in die aktive Motorregelungsstrategie integriert werden kann. Aufgrund der akustischen Ähnlichkeit des Dieselmotors zum Wasserstoffverbrennungsmotor ist anzunehmen, dass

Abb. 2: Einfluss von Wasserstoff als Kraftstoffzusatz zur Dieselverbrennung auf den Zylinderdruckverlauf [2]



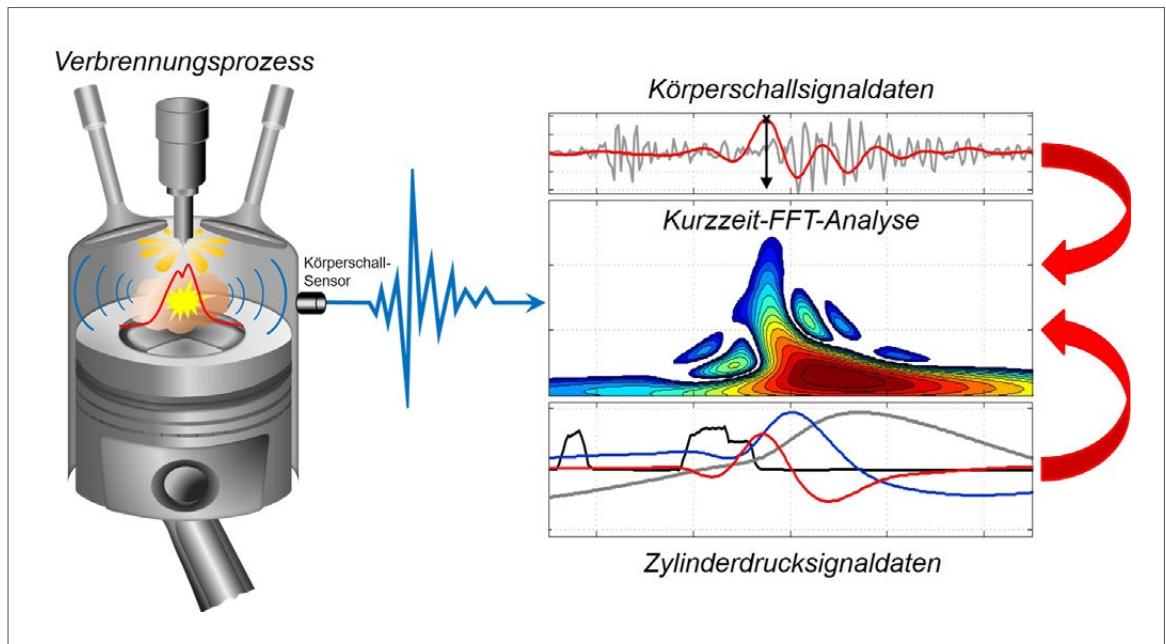


Abb. 3: Schema zur Methodik der Zylinderdruck- und Geräuschregelung auf Basis von Körperschallsignalen [5]

der entwickelte Ansatz auf diese Antriebsart übertragbar ist.

Darüber hinaus sind wir an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg überzeugt, dass es für die akustische Bewertung von Komponenten, Aggregaten und Fahrzeugen sinnvoll ist, einerseits die Synergie aus Simulation und Experiment zu nutzen und andererseits nicht ausschließlich physikalische Ergebnisgrößen zu analysieren, sondern stattdessen idealerweise immer die menschliche Hörwahrnehmung miteinzubeziehen. Letztendlich ist es schließlich die auditive Wahrnehmung der Nutzer und Passanten, die deren Bewertungsurteil über das Produkt maßgeblich dominiert (zumindest hinsichtlich der Akustik).

### Was wir vom klassischen Verbrenner lernen können

Heutige Dieselmotoren für Pkw zeichnen sich infolge optimierter Abgasnachbehandlungssysteme durch relativ niedrige Abgasemissionen und einen geringen Kraftstoffverbrauch aus. Im unteren Last- und Drehzahlbereich entstehen insbesondere in der Start- und Warmlaufphase des Motors jedoch durch den erhöhten Verbrennungsverzug die besagten dominierenden Verbrennungsgeräusche. Zur Reduzierung dieser Geräusche werden derzeit mehrfache Voreinspritzungen eingesetzt, jedoch besteht bei dieser Maßnahme ein direkter Konflikt zu den Abgasemissionen, welchen im Rahmen der Bestrebungen zur  $\text{CO}_2$ -Reduktion eine besondere Bedeutung zukommt.

Im Forschungsprojekt „Geräuschgeregelter Dieselmotor“ [3] wurde daher ein anderer Ansatz gewählt, welcher das Geräuschverhalten durch die Veränderung der Haupteinspritzung auf vorgegebene Werte

der Dieselnote einregelt. Die weiterführende Idee des Forschungsprojektes „Körperschallbasierte Dieselmotorenregelung“ [4] war es, Körperschallsignale zu nutzen, um einerseits die Emissionsreduzierung einer zylinderdruckbasierten Motorregelung zu erzielen und gleichzeitig die Verbrennungsgeräusche zu bewerten (ohne die Nutzung kostspieliger Zylinderdrucksensoren), siehe Abbildung 3. Dabei wurde zunächst eine geeignete Position für die Aufnahme des Körperschalls am Motorblock ermittelt, um anschließend die Daten mittels Kurzzeit-FFT-Analyse für die Extraktion der benötigten Merkmale zur Anpassung des realen Zylinderdrucks zu verwenden. Für ein zylinderselktives, geräuschgeregeltes Motormanagement wurde eine arbeitsspielsynchrone Regelung des indizierten Mitteldrucks sowie der Verbrennungsschwerpunktlage entwickelt, siehe Abbildung 4. Hierzu wurden die Regelgrößen (indizierter Mitteldruck, Verbrennungsschwerpunktlage, Dieselnote) über die Körperschallsignale und Steuergerätedaten mit Hilfe von Regressionsmodellen erfolgreich geschätzt; anschließend kommen dem Steuergerät die aktualisierten Einspritzparameter als neue Istwerte zu. Durch Sprungantworten der Regelkreise wurde nachgewiesen, dass die Modelle eine ausreichende Güte aufweisen, um den physikalisch tatsächlichen Wert darzustellen und sich somit für die Regelung eignen. Dies lieferte die Grundlage, um die Verbrennung bei einer Variation der Voreinspritzungsparameter in definierten Arbeitspunkten nachzuführen. Im Anschluss wurde mit Hilfe der Regressionsmodelle zusätzlich die Dieselnote aus den Körperschallsignalen berechnet. Ziel war es, die Dieselnote durch die Voreinspritzungsparameter zu

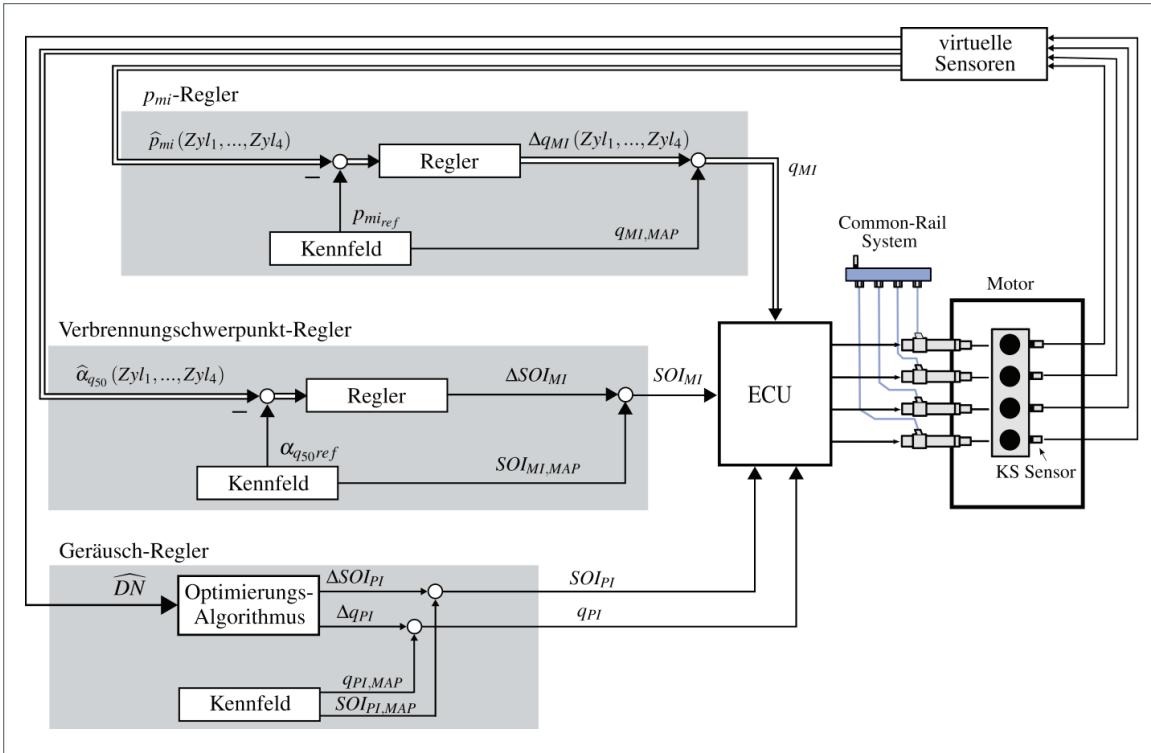


Abb. 4: Prinzipdarstellung der Regelstruktur zur in Abbildung 3 dargestellten Methodik [4]

variieren und letztendlich zu optimieren.

Durch Prinzipuntersuchungen konnte festgestellt werden, dass sich insbesondere die Voreinspritzmenge sensitiv auf die Dieselnote auswirkt. Ferner lagen die maximalen Dieselnotenwerte in einem relativ engen Voreinspritzwinkelbereich, welcher abhängig vom Betriebspunkt des Motors ist. Zur Erreichung des Ziels, die Dieselnote zu optimieren, wurde ein heuristischer Algorithmus angewendet, welcher auf einem Gradientenverfahren beruht. Ferner wurden die Emissionswerte der Stickoxide und Kohlenwasserstoffe sowie der spezifische Kraftstoffverbrauch in dem durch den Optimierungsalgorithmus gefundenen Arbeitspunkt reduziert. Grundlegend zeigten die umgesetzten Regelkonzepte das Potential der Reduzierung der akustischen Lästigkeit der Verbrennungsgerausche bei gleichzeitiger Verbesserung bzw. Stagnierung der Abgasemissionswerte auf [4]. Wie oben bereits erwähnt, ist anzunehmen, dass dieser Ansatz auch für mit Wasserstoff betriebene Verbrennungsmotoren angewendet werden kann. Darüber hinaus ist dies ein

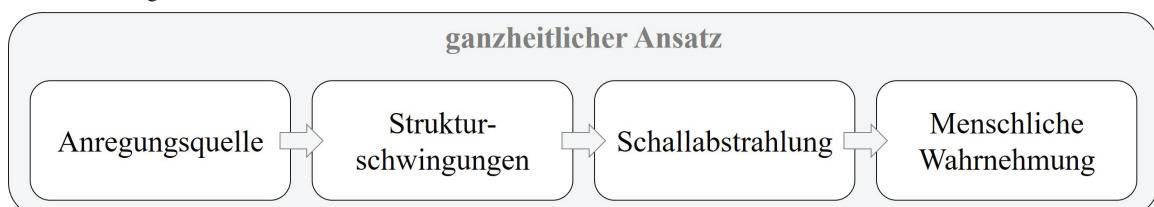
gutes Beispiel unserer Philosophie, die menschliche Wahrnehmung, wenn möglich, in unsere experimentellen und numerischen Analysen einzubeziehen. Im nachfolgenden Abschnitt wird demonstriert, wie eine solche Berücksichtigung im Rahmen einer ganzheitlichen Simulationsmethodik erfolgen kann.

### Ganzheitlicher Simulationsansatz

Um den akustischen Herausforderungen, die neue Antriebskonzepte mit sich bringen, zu begegnen, sollte ein ganzheitlicher Simulationsansatz verfolgt werden. Hier wird zunächst kurz die allgemeine Strategie der ganzheitlichen Methodik erläutert, bevor in den nachfolgenden Abschnitten auf die Anwendungsmöglichkeiten dieser Vorgehensweise auf elektrische und verbrennungsmotorische Antriebe eingegangen wird.

Grundsätzlich besteht der hier vorgestellte Ansatz, unabhängig vom konkreten Anwendungsfall, immer aus vier verschiedenen Bausteinen (siehe Abb. 5). Dabei sollen alle vier Bausteine mit Hilfe virtueller

Abb. 5: Ganzheitliche Simulationsmethodik zur Bewertung von automobilen Antrieben hinsichtlich der auditiven Wahrnehmung des Menschen [6]



Modelle und ohne die Notwendigkeit realer Prototypen analysiert werden können, um bereits im Entwicklungsprozess eine zuverlässige Aussage über das akustische Verhalten des untersuchten Bauteils zu erhalten. Folglich sind die vorgestellten Ansätze auch für computergestützte Optimierungen geeignet. Zuerst erfolgt die Modellierung der Anregungsquellen, um die resultierenden Anregungskräfte zu berechnen. Im Anschluss daran werden die sich daraus ergebenden Strukturschwingungen ermittelt. Damit stehen auch die Oberflächenschwunen der Struktur zur Verfügung, die genutzt werden, um die resultierende Schalldruckverteilung im umgebenden Luftvolumen zu berechnen. Den Abschluss bildet die psychoakustische Analyse der berechneten Schalldruckverläufe, um die Wirkung des Geräusches auf den Menschen zu prognostizieren.

Sollten bereits reale Prototypen verfügbar sein, können natürlich Teile der Simulationskette durch experimentelle Untersuchungen ersetzt werden. Solche hybriden Ansätze, wie in [7], bieten sich insbesondere dort an, wo die Berechnungszeiten der Simulationsmodelle aufgrund der Größe und Komplexität des Gesamtsystems nicht mehr handhabbar sind oder die numerische Abbildung der Realität an sich extrem herausfordernd ist. Ein Beispiel für den letzt-

genannten Aspekt ist die Berechnung akustischer Dämm- und Dämpfungsmaterialien. Wie eingangs erwähnt, möchten wir die Synergie aus Experiment und Simulation ausnutzen und jeweils die Methoden einsetzen, die am vorteilhaftesten sind. Darüber hinaus sind experimentelle Validierungsdaten zum Nachweis der Prognosegenauigkeit der Simulationsmodelle stets das angestrebte Ideal, sofern diese zur Verfügung stehen oder mit vertretbarem Aufwand gewonnen werden können.

## Simulationsbasierte Bewertung von Verbrennungsmotoren

In diesem Abschnitt wird gezeigt, wie der ganzheitliche Simulationsansatz gewinnbringend eingesetzt werden kann, um das akustische Verhalten einzelner Bauteile oder ganzer Aggregate für diese Antriebsart zu bewerten. Die Zielstellung ist dabei, nicht nur die klassischen akustischen Parameter wie Schalldruck und Schallleistung auszuwerten, sondern die Wirkung auf den Menschen zu berücksichtigen. Die Methodik ermöglicht daher auch eine Bewertung hinsichtlich der auditiven Wahrnehmung des Menschen, wie beispielsweise der empfundenen Geräuschqualität. Die nachfolgend dargestellten Entwicklungen beziehen sich auf die Akustik von Verbrennungsmotoren, lassen



## Schallpegelmesser Nor145

### Schallimmissionsschutz

- Internes GPS, WLAN und 4G-Modem
- Steuerung über das Webportal NorCloud (Monitoring)
- Anschluss des NoiseCompass Nor1297 (Richtungserkennung)

### Bauakustik / Raumakustik

- Interne Berechnung von  $R'w$ ,  $L'n,w$ , etc. nach ISO 16283
- Interne Mittelung der Nachhallzeiten nach ISO 3382

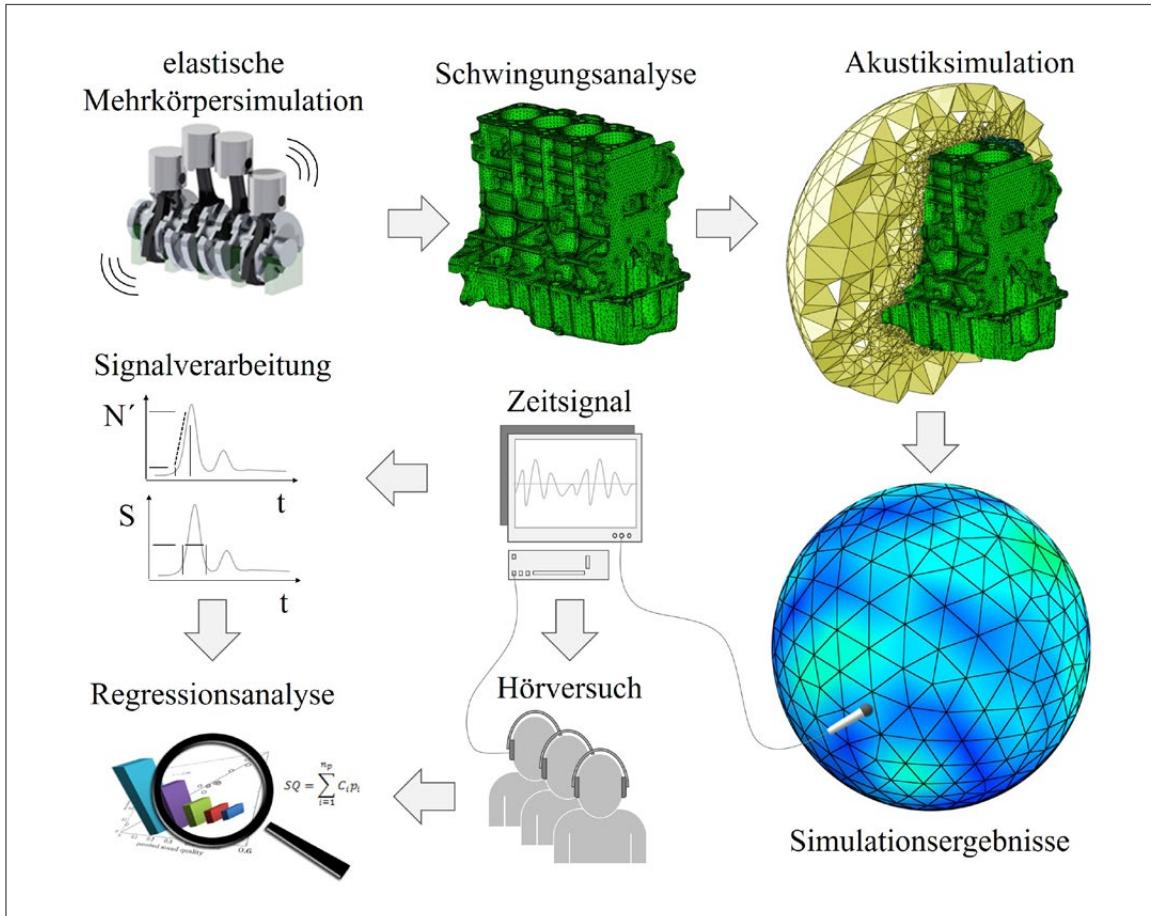


Abb. 6: Ganzheitliche Methodik zur Bewertung von Geräuschen hinsichtlich der auditiven Wahrnehmung des Menschen

sich aber auch für Elektromotoren anwenden.

Das Besondere des erstmals in [8] präsentierten Ansatzes besteht darin, Prognosemodelle für die auditive Wahrnehmung des Menschen unter Nutzung von numerischen Simulationsmodellen zu generieren. Üblicherweise werden aufgezeichnete Geräusche realer Fahrzeuge, Komponenten oder Prototypen genutzt, um Probandenversuche durchzuführen und auf Basis von deren Ergebnissen psychoakustische Vorhersagemodelle zu entwickeln. Die in [8] vorgestellte Nutzung numerischer Ergebnisse bietet den großen Vorteil, bereits zu einem frühen Zeitpunkt des Entwicklungsprozesses eines Fahrzeugs, zu dem noch kein realer Prototyp existiert, erste Informationen über die zukünftige Geräuschqualität zu erhalten und in Abstimmung mit den Entwicklergruppen anderer Themenbereiche konstruktive Maßnahmen zur Verbesserung der akustischen Qualität realisieren zu können. Mit Hilfe von CAD-Daten lassen sich geeignete Modelle für akustische Berechnungen und die daran anschließende psychoakustische Bewertung generieren. Mit diesem neuen Ansatz wird der gängigen Praxis entgegengewirkt, akustische Untersuchungen und die sich daraus typischerweise ergebende Forderung nach akustischen Verbesserungen

erst nach Fertigstellung eines Fahrzeugprototyps durchzuführen. Diese stark auf Experimenten basierende Vorgehensweise erfordert zeit- und kostenintensive Iterationsschleifen, um der akustischen Zielsetzung schrittweise näher zu kommen.

In Abbildung 6 ist die ganzheitliche Simulationsmethodik in einer Übersichtsgrafik dargestellt. Der Ansatz besteht aus zwei Hauptbestandteilen, den numerischen und den psychoakustischen Analysen. Der für die numerische Berechnung der Schallabstrahlung von Verbrennungsmotoren entwickelte Teil der Simulationsmethodik ist in [9] detailliert erläutert. Die Berechnung beginnt im ersten Schritt mit einer elastischen Mehrkörpersimulation des Kurbeltriebs des Motors unter Berücksichtigung der elasto-hydrodynamischen Kontakte. Dadurch ist es auch möglich, die akustischen Auswirkungen von modifizierten Kurbeltriebdesigns, wie beispielsweise Variationen der Kolbenfeingometrie (Ovalität, Balligkeit), Desachsierungen und Schränkungen zu berechnen.

Zusätzlich können die tribologischen Kenngrößen analysiert werden, die durchaus Zielkonflikte aufweisen können. Zusammen mit dem aus dem Verbrennungsprozess resultierenden Zylinderdruck bilden die Grundlagerkräfte und die Aufschlagimpulse

auf die Zylinderwände die wesentlichen akustischen Anregungsquellen. Ohne eine derartige numerische Analyse muss für die nachfolgende Schwingungsanalyse auf experimentell bestimmte Anregungssignale zurückgegriffen werden. Dies bedeutet einen sehr großen Aufwand sowie die Notwendigkeit realer Prototypen. Außerdem können einige Anregungsmechanismen, wie die Aufschlagimpulse auf die Zylinderwände durch Kolbenquer- und Kolbenkippbewegungen sowie die Deformationen der Zylinderwände aufgrund der Zündexplosionen, nur sehr schwer bzw. gar nicht messtechnisch erfasst werden. Die elastische Mehrkörpersimulation ist also zwingend erforderlich, um eine realistische Schwingungserregung des Motors berücksichtigen zu können.

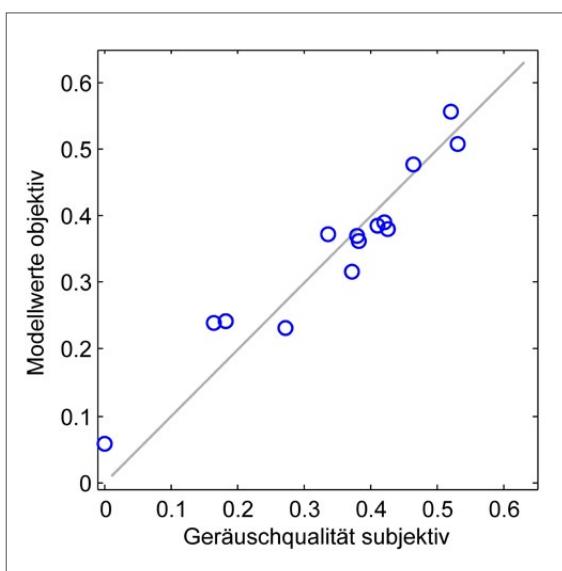
Über den Zylindergasdruckverlauf als Eingangsgröße ist es auch möglich, Modifikationen im Verbrennungsprozess selbst, wie beispielsweise zusätzliche Einspritzungen oder geänderte Zündzeitpunkte, hinsichtlich der akustischen Auswirkungen zu analysieren. Modifikationen am Ansaug- und Abgasstrakt sowie auch am Turbolader, die zu Änderungen des Ladeluftvolumens, der Strömungsverhältnisse, der Luftzu- und -abfuhr und somit zu Änderungen des Gasdruckverlaufes führen, können ebenfalls hinsichtlich der Schwingungserregung des Rumpfmotors berücksichtigt werden.

Als nächster Schritt in der ganzheitlichen Simulationsmethodik wird ein dreidimensionales Finite-Elemente-Modell des Zylinderkurbelgehäuses (ZKG) einschließlich der wichtigsten Anbauteile benötigt (siehe Abbildung 6). Die Anregung des ZKGs erfolgt mit den im ersten Schritt ermittelten zeitlich veränderlichen Kräften. Das Ergebnis dieser zeitaufwendi-

gen dynamischen Berechnung beinhaltet unter anderem die Schwinggeschwindigkeiten (Schnelle) an der Oberfläche des ZKGs. Im dritten Schritt folgt eine akustische Berechnung. Dazu wird ein akustisches Finite-Elemente-Modell des Luftvolumens erzeugt, das den Motor umschließt. Selbstverständlich kann in diesem Schritt der Simulationskette anstelle der Finite-Elemente-Methode (FEM) jede gängige Simulationsmethode zur Berechnung der Schallabstrahlung, so wie bspw. auch die Randelementmethode (BEM), eingesetzt werden. Die im vorherigen Schritt berechneten Schwinggeschwindigkeiten an der Oberfläche des ZKGs werden auf das Luftvolumen übertragen und regen es an. Die dadurch erzeugten Schallwellen breiten sich aus und lassen sich als Druckschwankungen an jedem Punkt des Luftvolumens berechnen. Als Ergebnis stehen die klassischen physikalischen Größen der Akustik im gesamten umgebenden Luftvolumen zur Verfügung. Diese Ergebnisse können für die psychoakustische Modellbildung hörbar gemacht und für repräsentative virtuelle Mikrofonpositionen analysiert werden [8]. Die so gewonnenen Zeitsignale werden einem Signalverarbeitungsprozess unterzogen und bilden die Grundlage für die Berechnung der psychoakustischen Empfindungsgrößen, wie beispielsweise Lautheit, Rauigkeit und Schärfe. Die simulierten Motorgeräusche können nach der Auralisierung auch durch Probanden in Hörversuchen individuell bewertet werden. Abschließend werden die Ergebnisse der Signalanalyse und der Hörversuche anhand von Regressions- und Korrelationsanalysen miteinander verglichen. Für das Prognosemodell werden die objektiven Parameter verwendet, die die beste Korrelation mit der subjektiven Empfindung der Geräuschqualität aufweisen. Dabei muss es sich bei den am besten geeigneten objektiven Parametern nicht um psychoakustische Grundgrößen handeln; es können beispielsweise auch deren zeitliche Ableitungen genutzt werden. Prinzipiell kann jeglicher aus dem Zeitsignal mit Hilfe von mathematischen Vorschriften berechenbarer Parameter verwendet werden. Im Allgemeinen werden aber Parameter mit einer interpretierbaren Bedeutung bevorzugt. Nähere Details zur psychoakustischen Modellbildung sind in [6; 8] zu finden.

Der vorgestellte Ansatz generiert nur dann einen Mehrwert, wenn auch die empfundene Geräuschqualität von Motorgeräuschen sehr gut vorhergesagt werden kann, die nicht Bestandteil des Entwicklungsprozesses des Vorhersagemodells waren. Aus diesem Grund wurde in [8] gezeigt, dass die psychoakustischen Modelle in der Lage sind, auch sogenannte Testdaten zu bewerten, die nicht Teil des Trainingsdatensatzes waren. In Abbildung 7 ist für 14 numerisch erzeugte Motorgeräusche der Vergleich zwischen ei-

Abb. 7: Korrelation der ermittelten Geräuschqualität des psychoakustischen Vorhersagemodells und des Ver- suchs für 14 unabhängige Motorgeräusche [10]



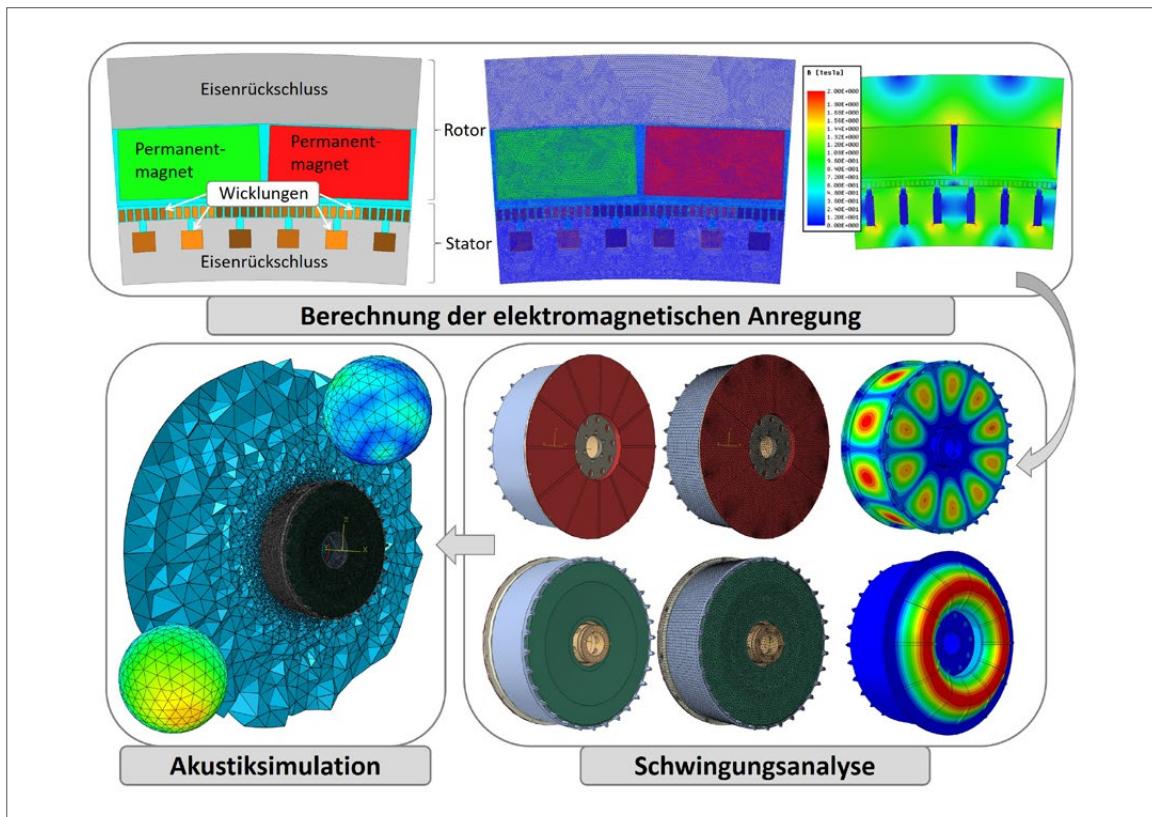


Abb. 8: Ganzheitliche Simulationsmethodik am Beispiel eines Elektromotors

nem zweiten Hörversuch und den Berechnungsergebnissen des psychoakustischen Modells dargestellt. Das entwickelte psychoakustische Modell approximiert auch für die Testdaten die empfundene Geräuschqualität sehr gut, was durch den Korrelationskoeffizienten der Trainings- und Testdaten von 0,96 bestätigt wird. Die Verwendung eines Prognosemodells ermöglicht eine Reduktion zeit- und kostenintensiver Hörversuche, insbesondere bei Variantenvergleichen und Optimierungsprozessen. Außerdem ist es möglich, Vorhersagemodelle durch eine entsprechende Auswahl der Probanden für verschiedene Zielgruppen zu erstellen. In [11] wurden beispielsweise für impulsartige Fahrzeuggeräusche durch entsprechende Probandenselektion verschiedene Modelle für China, die USA und Europa generiert und miteinander verglichen. Es kann aber auch hinsichtlich alternativer Kriterien, wie Altersgruppen oder Markenzugehörigkeit, selektiert werden.

### Simulationsbasierte Bewertung von Elektromotoren

Ein weiterer Anwendungsfall des beschriebenen ganzheitlichen Ansatzes sind elektrische Maschinen im Allgemeinen und Elektromotoren im Speziellen. Abbildung 8 zeigt einen ganzheitlichen Simulationsansatz für die Berechnung der Schallabstrahlung einer elektrischen Maschine am Beispiel eines Radnabenmotors.

Der ganzheitliche Ansatz (siehe Abbildung 8) beginnt gemäß Abbildung 5 mit der Berechnung der Anregungskräfte. Dazu wird der Magnetkreis unter Ausnutzung der Sektorsymmetrie mit Hilfe eines zweidimensionalen FE-Modells analysiert, um die resultierenden Anregungskräfte zu berechnen. Die zweidimensionale Modellierung hat zur Folge, dass die Magnetkräfte in Richtung der Rotationsachse vernachlässigt werden. Das ist eine übliche Annahme, da diese nichtlinearen Kräfte nur einen geringen Einfluss haben. Des Weiteren werden durch die zweidimensionale Modellierung Änderungen der tangentialen und radialen Magnetkräfte in Richtung der Rotationsachse vernachlässigt. Auch diese Vereinfachung ist gängige Praxis, da der Randeinfluss der Struktur auf die tangentialen und radialen Magnetkräfte gering und zudem lokal begrenzt ist. Darüber hinaus wird dadurch ein zeitlich unveränderlicher Luftspalt vorausgesetzt, der in der Realität nicht auftritt.

Die berechneten Anregungskräfte werden im zweiten Teil der Simulationskette genutzt, um die Strukturschwingungen des Radnabenmotors zu berechnen. Die Rückwirkung der Strukturschwingungen auf den Magnetkreis wird dabei üblicherweise nicht berücksichtigt. Im Anschluss daran werden die berechneten Oberflächenschnellen der Struktur zur Berechnung der resultierenden Schallabstrahlung verwendet. Als Ergebnis liegt der komplexe Schalldruck im gesamten umgebenden Luftvolumen vor. Analog zum vorheri-

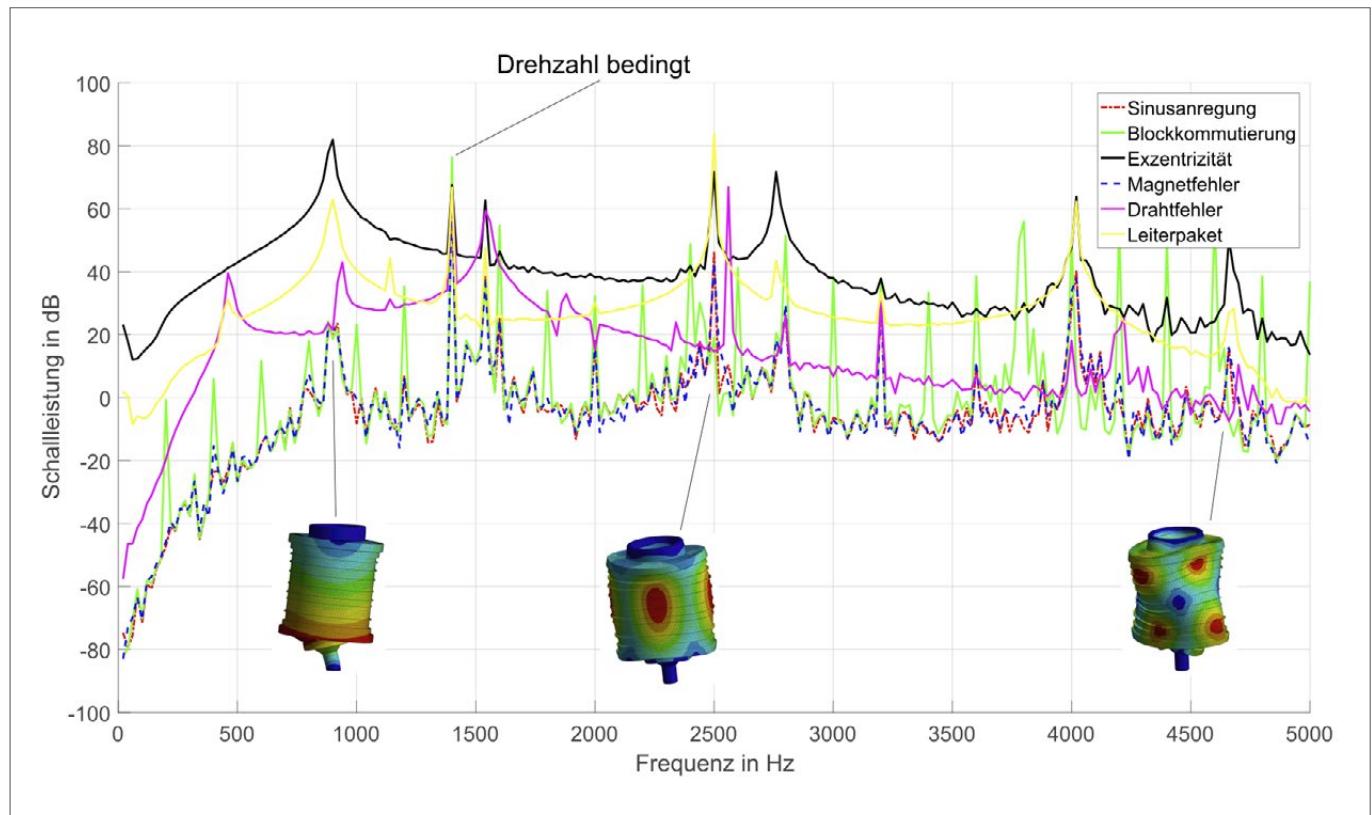


Abb. 9: Simulationsstudie zur Auswirkung virtuell eingebrachter Modifikationen im Magnetkreis

gen Beispiel kann auch hier wieder problemlos eine psychoakustische Bewertung angeschlossen werden. Der soeben beschriebene ganzheitliche Ansatz für die akustische Bewertung von elektrischen Maschinen wurde kürzlich durch eine rückwirkungsbehafte Kopplung zur Rotordynamik weiterentwickelt [12]. Dies ist insbesondere bezüglich möglicher Änderungen des Luftspaltes aufgrund der Rotordynamik von hoher Bedeutung. Solche Luftspaltänderungen können in der Folge wiederum eine signifikante Beeinflussung der Anregung (also der resultierenden elektrodynamischen Kräfte) bewirken, welche das Schwingungsverhalten des Gesamtsystems maßgeblich bestimmen. Aus dem zeitlich veränderten Luftspalt im Rahmen der gekoppelten Betrachtung ergibt sich, dass das in Abbildung 8 gezeigte Minimalmodell nicht mehr angewendet werden kann, da die Periodizitätsbedingungen nicht mehr erfüllt sind. Zur Abbildung der Rotordynamik wird eine Mehrkörpersimulation eingesetzt, welche folglich mit der FE-Berechnung des Magnetkreises gekoppelt werden muss. Im Rahmen der Mehrkörpersimulation können elastische Körper berücksichtigt werden, was sich bspw. für die Welle des Antriebsstranges anbietet. Alle Lager des Antriebsstranges sind als Federelemente modelliert, deren nichtlineare Federkennlinien vorab über FE-Kontaktsimulationen bestimmt werden. Zur Validierung der Simulationswerkzeuge wurden verschiedene Prüfstandsmessungen durch-

geführt (sowohl bezüglich der elektrischen Größen und auftretenden Drehmomenten als auch der resultierenden Schwingungen sowie der Schallabstrahlung). Nähere Informationen zu den Validierungsexperimenten sind in [12] zu finden.

Der validierte ganzheitliche Ansatz wurde für die Optimierung des Antriebsstranges eines elektrischen Gleitbootes eingesetzt [13]. Abbildung 9 demonstriert das Potential numerischer Simulationsmodelle ohne die Notwendigkeit realer Prototypen. Darin sind die resultierenden Schallleistungsspektren für diverse Modifikationen des Magnetkreises gegenübergestellt. Außerdem sind einige exemplarische Schwingformen des Motors dargestellt. Die Modifikationen reichen von virtuellen Montagefehlern über Exzentrizitäten bis hin zu Regelungsstrategien. Diese beispielhafte Studie zeigt, dass mit Hilfe des Ansatzes Zielkonflikte (bspw. Leistung vs. Lärmemission) analysiert und behandelt werden können. Darüber hinaus können Varianten früh im Produktentwicklungsprozess bewertet und wichtige Designentscheidungen getroffen werden. Aus akustischer Sicht sollte die Bewertung idealerweise unter Berücksichtigung der menschlichen Wahrnehmung erfolgen. Im Kontext elektrischer Antriebsstränge spielt die Wahrnehmung tonaler Komponenten dabei eine entscheidende Rolle. Daher wird im nachfolgenden Abschnitt im Detail auf diese spezielle Empfindungsgröße eingegangen.

## Tonale Komponenten: Die besondere Herausforderung von Fahrzeugen mit elektrifizierten Antrieben

Die im letzten Abschnitt vorgestellten Simulationsergebnisse (siehe Abb. 9) zeigen beispielhaft, dass elektrische Antriebe deutliche tonale Komponenten abstrahlen können. Tonale Anteile in Umweltgeräuschen werden häufig als störend wahrgenommen, ein Umstand, der auch in einer Reihe von Normen zur Lärmbeurteilung berücksichtigt wird [14–17]. So wird z. B. in der DIN 45681 bestimmt, welche Intensität eine tonale Komponente relativ zu der Intensität des sie umgebenden Rauschens (also das Signal-Rausch-Verhältnis) hat. Unter Berücksichtigung der Hörschwelle, das heißt der minimalen Intensität des Tons, ab dem dieser gerade im Rauschen hörbar ist, wird dann dem gemessenen Schalldruckpegel ein sogenannter Tonzuschlag hinzugefügt, der die höhere Störwirkung von Geräuschen mit hörbaren tonalen Komponenten berücksichtigt.

Auffällige tonale Komponenten haben auch in Fahrzeugen mit konventionellen Antrieben eine Bedeutung. Hier sei nur exemplarisch das Surren des Fensterhebers oder des Elektromotors, der die Außenspiegel einklappt, genannt. Ein weiteres Beispiel ist das Pfeifen des Turboladers. Auch Reifen können tonale Geräusche abstrahlen, z. B. durch ein starkes geländegängiges Profil (etwas, das auch von Mountainbikereifen bekannt ist) oder durch Reifentorusresonanzen.

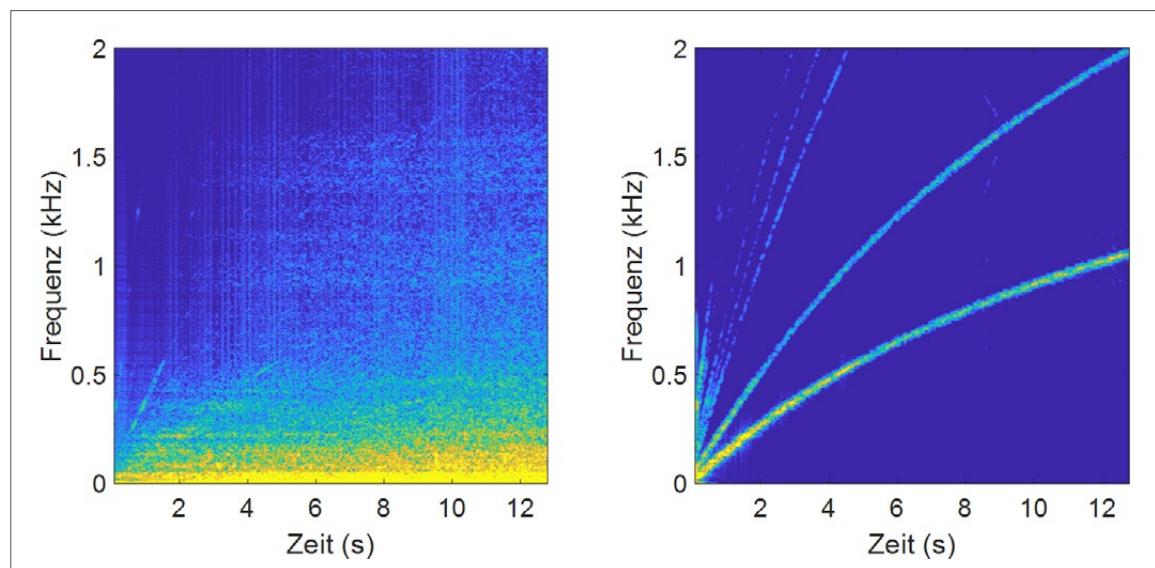
Bei Fahrzeugen mit elektrifizierten Antrieben treten tonale Anteile noch stärker in den Vordergrund, zum einen, da der Elektromotor und das Getriebe selbst tonale Geräusche abstrahlen, zum anderen, da der

Antrieb deutlich leiser ist als ein klassischer Verbrennungsmotor. Ein Beispiel für ein Fahrzeuggeräusch, bei dem viele tonale Komponenten auftreten, ist in Abbildung 10 dargestellt. Die Abbildung zeigt im linken Teilbild das Spektrogramm eines Innenraumgeräusches eines Fahrzeugs mit einem elektrischen Antrieb beim Hochlauf. Das rechte Teilbild zeigt die mit Hilfe einer Software extrahierten tonalen Komponenten. Diese Software wurde im Rahmen eines FVV-Projektes zur Wahrnehmung von Fahrzeuggeräuschen mit (teil)elektrifizierten Antrieben entwickelt, dass die Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg zusammen mit dem Lehrstuhl für Thermodynamik mobiler Energiewandlungssysteme der RWTH Aachen erarbeitet hat [18].

Gerade bei dynamischen Fahrsituationen wie dem in Abbildung 10 dargestellten Hochlauf sind die tonalen Geräusche im Fahrzeuginnenraum beim Fahrer präsent. Solche dynamischen Geräusche liegen jedoch außerhalb des Anwendungsbereichs der Normen wie der DIN 45681, die ausschließlich für stationäre oder sich nur sehr langsam ändernde Schalle anwendbar ist. Eine direkte Abschätzung der Wahrnehmung der tonalen Anteile und die dadurch bedingte geringere Angenehmheit der Geräusche ist somit auf Basis der Normen nicht möglich.

Zunächst einmal muss für diese dynamischen Geräusche geklärt werden, ob die tonalen Anteile überhaupt hörbar sind. Das Spektrogramm des realen Geräusches in Abbildung 10 (linkes Teilbild) deutet schon an, dass nicht alle der im rechten Teilbild gezeigten extrahierten tonalen Komponenten gleich gut hörbar sein werden und einige eventuell auch nicht hörbar sind.

Abb. 10: Spektrogramm eines Innengeräusches in einem Fahrzeug mit elektrifiziertem Antrieb beim Hochlauf. Das linke Teilbild zeigt das Spektrogramm des Originalgeräusches, das rechte das der extrahierten tonalen Komponenten von Motor und Getriebe.



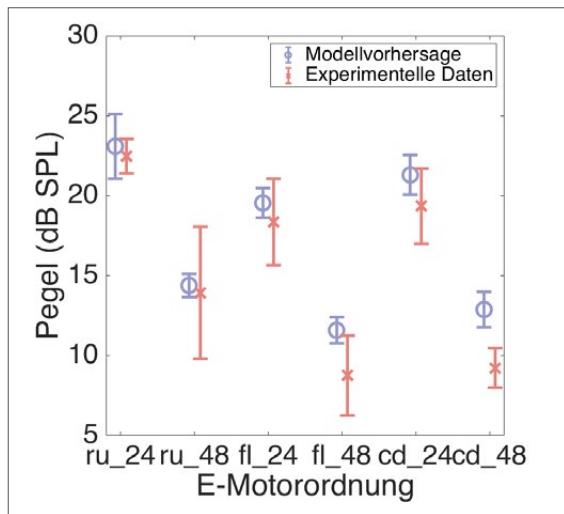


Abb. 11: Schwellen für verschiedene synthetisch erzeugte Fahrzeuginnengeräusche (ru: run-up, fl: full-load run-up, cd: coast-down). Die Zahlen (24 oder 48) geben die Motorordnung an. Die Messdaten mit Standardabweichung sind in rosa, die Modellvorhersagen in violett dargestellt. Die Messdaten sind [19] entnommen.

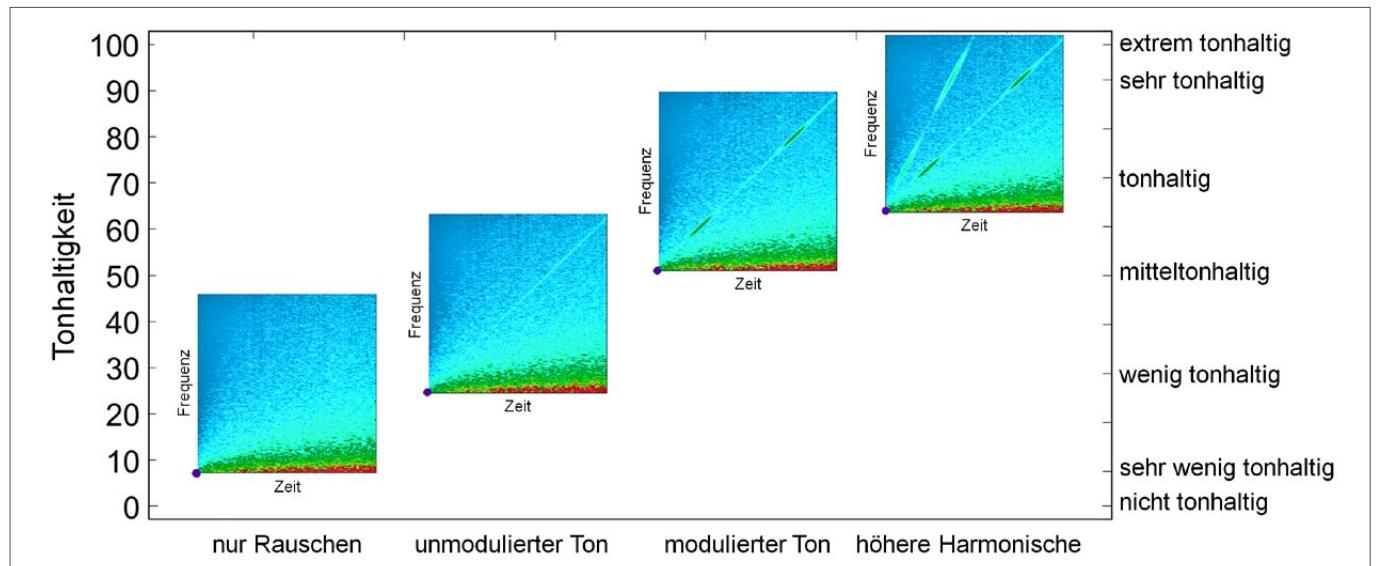
Hier bietet es sich an, nicht den direkten Weg über den oben beschriebenen ganzheitlichen Ansatz zu gehen, sondern stattdessen mit prototypischen synthetischen Signalen zu arbeiten, die wesentliche Aspekte der realen Signale enthalten. Mit dem Ziel einen ersten Zugang zur Hörbarkeit von tonalen Anteilen in dynamischen Fahrsituationen zu erhalten, können wesentliche Charakteristika der Signale in synthetischen Geräuschen abgebildet werden, um diese anschließend mit Hilfe von Hörversuchen zu untersuchen.

Abbildung 11 zeigt die mittleren Schwellen für das simulierte Fahrzeuginnengeräusch für drei typische Fahrsituationen: Teillasthochlauf (run-up), Voll-

lasthochlauf (full-load run-up, fl) und Schubbetrieb (coast-down, cd). Die Zahl steht dabei für die Motorordnung. Ändert sich zum Beispiel die Frequenz der 24sten Motorordnung bei einem Teillasthochlauf von 0 bis 1.000 Hz, ist die Endfrequenz für die 48ste Motorordnung dementsprechend 2.000 Hz. Die Messergebnisse sind [19] entnommen. Mit entsprechender Modifikation für dynamische Signale können die gemessenen Schwellen mit einem etablierten Hörmodell zur Verdeckungswirkung [20] vorhergesagt werden (Kreise in Abbildung 11).

Neben der reinen Hörbarkeit ist es auch wichtig, die überschwellige Wahrnehmung gehörgerecht zu beschreiben. Hierzu bietet es sich an, die Tonhaltigkeit zu betrachten. Die Tonhaltigkeit bezeichnet hier die Empfindung, wie stark der tonale Anteil im Gesamtgeräusch ist, also wie stark sich dieser vom rauschhaften Hintergrund abhebt [21]. Studien deuten darauf hin, dass diese Empfindung weitestgehend der (durch den Rauschanteil im Geräusch) gedrosselten Lautheit des tonalen Anteils entspricht [22; 23]. Abbildung 12 zeigt exemplarisch Ergebnisse einer Messung zur Tonhaltigkeit eines simulierten Fahrzeuginnengeräusches für einen Hochlauf [19]. Die untere linke Ecke eines Spektrogramms zeigt hierbei die jeweilige Tonhaltigkeit an, die für das Signal mit diesem Spektrogramm gemessen wurde. Bei der Messung wurden zwei Aspekte untersucht, die sich in realen Fahrzeuginnengeräuschen von Fahrzeugen mit elektrifizierten Antrieben zeigen. Zum einen ist manchmal nicht nur eine Komponente hörbar. In der Messung wurden daher auch Signale verwendet, in denen neben der 24sten auch die 48ste Motorordnung dargeboten wurde. Zum anderen können Strukturresonanzen dazu führen, dass die tonalen

Abb. 12: Tonhaltigkeit für simulierte Hochläufe. Die untere linke Ecke jedes Spektrogramms zeigt die gemessene Tonhaltigkeit eines Geräusches, welche das jeweilige Spektrogramm hat. Die Daten sind [19] entnommen.



Komponenten im Pegel zeitlich variieren. Beide Aspekte führen zu einer Erhöhung der Tonhelligkeit. Eine erhöhte Tonhelligkeit führt in der Regel zu einer erhöhten Lästigkeit der Signale. Also ist davon auszugehen, dass das Hinzufügen der 48sten Motorordnung nicht nur die Tonhelligkeit erhöht (wie in Abbildung 12 gezeigt), sondern auch die Angenehmheit reduziert. Allerdings ist das nicht zwangsläufig immer der Fall. In [24] wurde bspw. gezeigt, dass das Hinzufügen von Subharmonischen wie erwartet zu einer Erhöhung der Tonhelligkeit, jedoch nicht zur einer Reduktion der Angenehmheit führt, sondern im Gegenteil, diese erhöht (Daten dazu sind hier nicht gezeigt). Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass noch Forschungsbedarf besteht, um die Wahrnehmung der tonalen Komponenten im Rahmen von Fahrzeuggeräuschen bezüglich ihrer Tonhelligkeit und Lästigkeit genauer zu charakterisieren.

## Zusammenfassung

Es ist unbestritten, dass die Antriebskonzepte sich wandeln und vielseitiger werden. Dennoch sind wir überzeugt, dass viele der Methoden, die für die klassischen Verbrennungsmotoren entwickelt wurden, auf die neuen Antriebskonzepte übertragbar sind. Dies wurde insbesondere bezüglich der wasserstoffbetriebenen Verbrennungsmotoren dargelegt. Darüber hinaus sind wir der Ansicht, dass es sinnvoll ist, sowohl die Synergie aus Simulation und Experiment zu nutzen als auch die menschliche Hörwahrnehmung miteinzubeziehen, welche letztlich das Bewertungsurteil hinsichtlich der Akustik eines Produktes maßgeblich dominiert. Im Rahmen elektrifizierter Antriebe kommt der Tonhelligkeit eine besondere Bedeutung zu. Bestehende Normen sind dabei gerade für die akustisch besonders auffälligen dynamischen Fahrsituationen nicht direkt anwendbar.

Im vorliegenden Beitrag wurde ein Ansatz präsentiert, der die simulationsbasierte Bewertung von automobilen Antrieben hinsichtlich der auditiven Wahrnehmung des Menschen ermöglicht und sowohl für elektrische als auch verbrennungsmotrische Antriebe anwendbar ist. Der wesentliche Vorteil besteht darin, dass bis auf optionale Validierungszwecke keine realen Prototypen des Motors oder einzelner Komponenten benötigt werden. Der einzige experimentelle Aufwand der ganzheitlichen Methodik ist ein Hörversuch, falls nicht bereits ein geeignetes psychoakustisches Modell vorliegt. Der Hörversuch kann mit Hilfe auralisierter Simulationsergebnisse durchgeführt werden und ist demzufolge bereits früh im Entwicklungsprozess durchführbar. Somit eröffnet der entwickelte ganzheitliche Ansatz die Möglichkeit, die Motorakustik kostengünstig und sehr früh bewerten zu können. Auf diesem

Wege kann der heute noch üblichen Praxis entgegengewirkt werden, die Akustik erst an dem nahezu fertigen Produkt zu bewerten und zu verbessern. Da zu diesem Zeitpunkt im Entwicklungsprozess der Handlungsspielraum nur noch gering ist, lassen sich kaum noch optimale Lösungen erreichen. Mit Hilfe der vorgestellten Methodik ist es möglich, sowohl konstruktive Maßnahmen, beispielsweise das Einbringen von Rippen oder Modifikationen am Kurbeltrieb bzw. Magnetkreis, als auch Einflüsse des Verbrennungsprozesses hinsichtlich des resultierenden akustischen Verhaltens zu bewerten. Gleichzeitig löst der präsentierte Ansatz das Problem, dass akustische Optimierungen üblicherweise immer noch bezüglich klassischer akustischer Größen, wie dem Schalldruck oder der Schallleistung, durchgeführt werden und die Wirkung auf den Menschen sowie der Einfluss der menschlichen Wahrnehmung nur unzureichend Berücksichtigung finden. Dies widerspricht der Kategorisierung der Akustik als Komfortproblem, da Komfort untrennbar mit der Empfindung des Menschen verknüpft ist. Der ganzheitliche Ansatz bietet die Möglichkeit, sowohl einfache Grundparameter der Psychoakustik (Lautheit, Schärfe usw.) als auch komplexere Größen, wie beispielsweise die empfundene Geräuschqualität, zu berechnen. In manchen Fällen müssen auch zunächst generelle Aspekte der Wahrnehmung mit vereinfachten synthetischen Geräuschen untersucht werden, bevor man sich mit Hilfe des ganzheitlichen Ansatzes konkreten realen Situationen annähert.

## Fazit

Der vorliegende Beitrag stellt eine Methodik und erste Ergebnisse dar, wie den akustischen Herausforderungen neuer Antriebskonzepte begegnet werden kann. Ein Teil der Ergebnisse für klassische Verbrennungsmotoren kann wahrscheinlich direkt übernommen werden, wie z. B. im Fall des wasserstoffbetriebenen Verbrennungsmotors. Ein Teil der Ergebnisse ist aber auch charakteristisch für die neuen Antriebssysteme, wie bspw. der stärkere Anteil tonaler Komponenten bei elektrifizierten Antrieben. Für diesen Teil gilt: Neue Antriebskonzepte bedingen eine neue Akustik.

## Literatur

- [1] Eifler, W.: Vorlesungsunterlagen „Alternative Kfz-Antriebe (AKfzA)“. Lehrstuhl für Verbrennungsmotoren, Ruhr-Universität Bochum, 2015.
- [2] Karagöz, Y; Sandalci, T; Yükse, L; Dalkılıc, A. S.; Wongwises, S.: Effect of hydrogen-diesel dual-fuel usage on performance, emissions and diesel combustion in diesel engines. Advances in Mechanical Engineering, 2016.
- [3] Decker, M.; Lucas, S.; Hintz, K.; Nobis, J.: Geräuschgeregelter Dieselmotor I & II (FVV-Nr. 1003). FVV Abschlussbericht, 2013.

- Dr.-Ing. Fabian Duvigneau**  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Mechanik
- Dr.-Ing. Sebastian Schneider**  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Mobile Systeme
- M.Sc. Florian Doleschal**  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Abteilung Experimentelle Audiologie
- Dr.-Ing. Tommy Luft**  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Mobile Systeme
- Prof. Dr.-Ing. Hermann Rottengruber**  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Mobile Systeme
- Prof. Dr. rer. nat. Jesko L. Verhey**  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Leiter der Abteilung Experimentelle Audiologie (EXA)
- [4] Carstens, J.-H.; Gühmann, C.; Schneider, S.; Rottengruber, H.; Nobis, J.; Neumann, E.: Körperschallbasierte Dieselmotorenregelung – Optimierung und Adaption der Parameter – Abschlussbericht (FVV-Nr. 1075). FVV, 2017.
- [5] Schneider, S.: Psychoakustische Bewertung verbrennungsmotorischer Geräusche. Dissertation, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2021.
- [6] Duvigneau, F.: Ganzheitliche simulationsbasierte Bewertung der Akustik von automobilen Antrieben. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 20, Nummer 467, VDI-Verlag GmbH Düsseldorf, 2017, ISBN 978-3-18-346720-4.
- [7] Gavila-Lloret, M.; Duvigneau, F.; Gabbert, U.; Rottengruber, H.: Prediction of the airborne sound transmission through the front end of a vehicle. *Automotive and Engine Technology (AAET)*, Volume 4, pp. 169–178, 2019. <https://doi.org/10.1007/s41104-019-00051-z>
- [8] Duvigneau, F.; Liefold, S.; Höchstetter, M.; Verhey, J. L.; Gabbert, U.: Analysis of simulated engine sounds using a psychoacoustic model. *Journal of Sound and Vibration*, Volume 366, pp. 544–555, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2015.11.034>
- [9] Duvigneau, F.; Nitzschke, S.; Woschke, E.; Gabbert, U.: A holistic approach for the vibration and acoustic analysis of combustion engines including hydrodynamic interactions. *Archive of Applied Mechanics*, Volume 86, Issue 11, pp. 1.887–1.900, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00419-016-1153-5>
- [10] Duvigneau, F.; Liefold, S.; Höchstetter, M.; Verhey, J. L.; Gabbert, U.: Psychoakustische Bewertung von Motorgeräuschen unter Nutzung auralisierter numerischer Simulationsergebnisse. *Fortschritte der Akustik – DAGA 2015*, 41. Jahrestagung für Akustik, Nürnberg, S. 924–927. ISBN 978-3-939296-08-9.
- [11] Duvigneau, F.; Höchstetter, M.; Gabbert, U.: Objektivierung der auditiven Wahrnehmung von Fahrzeuggeräuschen. *Lärmbekämpfung*, Bd. 11, Nr. 3 – Mai, pp. 99–104, 2016.
- [12] Duvigneau, F.; Koch, S.; Daniel, C.; Woschke, E.; Juhre, D.: Acoustic analysis of an electric engine complementing to a coupled rotor- and electrodynamical simulation of an electric drive train. *Topic Keynote Lecture, 38th FISITA World Congress*, 2021, Prague.
- [13] Duvigneau, F.; Koch, S.; Daniel, C.; Woschke, E.; Juhre, D.: Rückwirkungsbehaftete gekoppelte Analyse der Elektrodynamik, vibroakustischen Strukturschwingungen und Rotordynamik des elektrischen Antriebsstranges eines Gleitbootes. *Fortschritte der Akustik – DAGA 2021*, 47. Jahrestagung für Akustik, Wien, S. 425–428. ISBN 978-3-939296-18-8.
- [14] ISO 1996-2:2017 Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 2: Determination of environmental noise levels, Genf: International Organization of Standardization. 2017.
- [15] ANSI S1.13 Measurement of Sound Pressure Levels in Air, Acoust. Soc. Am., 2005.
- [16] IEC TS 61400-14:2005. – Wind turbines – Part 14: Declaration of apparent sound power level and tonality values, International Electrotechnical Commission, VDE Verlag, Berlin. 2005.
- [17] DIN 45681:2005 Akustik – Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschimmissionen, Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin: Beuth. 2005.
- [18] Fröhlingsdorf, K.; Pischinger, S.: Automatisierte Analyse des Innengeräusches von Elektrofahrzeugen. *DAGA 2022 – 48. Jahrestagung für Akustik*, Stuttgart, 2022.
- [19] Doleschal, F.; Rottengruber, H.; Verhey, J. L.: Influence parameters on the perceived magnitude of tonal content of electric vehicle interior sounds. *Applied Acoustics* 181, p. 108155, 2021.
- [20] Dau, T.; Püschel, D.; Kohlrausch, A.: A quantitative model of the “effective” signal processing in the auditory system. I. Model structure. *The Journal of the Acoustical Society of America* 99.6 (1996): 3615–3622.
- [21] Hansen, H.; Verhey, J. L.; Weber, R.: The Magnitude of Tonal Content. A Review. *Acta Acustica united with Acustica* 97 (3), pp. 355–363, 2011.
- [22] Hansen, H.; Weber, R.: Partial loudness as a measure of the magnitude of tonal content. *Acoustical Science and Technology* 32 (3), pp. 111–114, 2011.
- [23] Verhey, J. L.; Heise, S. J.: Suprathreshold Perception of Tonal Components in Noise Under Conditions of Masking Release. *Acta Acustica united with Acustica* 98 (3), pp. 451–460, 2012.
- [24] Doleschal, F.; Verhey, J. L.: Pleasantness and magnitude of tonal content of electric vehicle interior sounds containing subharmonics. *Applied Acoustics* 185, p. 108442, 2022. ■

# Dynamische Aspekte beim Schall- empfang im Meer

Jan Abshagen, Ivor Nissen

**Der Schallempfang im Meer wird signifikant von dynamischen Prozessen beeinflusst, die für den Empfang von Luftschall häufig keine wesentliche Rolle spielen. Diese Prozesse sind dabei zum einen eng mit der Dynamik des Meeres und zum anderen mit der Bewegung des Schallempfängers im Wasser verbunden. Die Schallgeschwindigkeit im Meer ist nicht homogen und unterliegt einer ausgeprägten räumlichen und zeitlichen Variabilität auf unterschiedlichen Skalen, hervorgerufen durch die zugrundeliegenden strömungsdynamischen Prozesse. Diese Variabilität verursacht Fluktuationen im hydroakustischen Übertragungskanal und kann die Qualität der Signalübertragung auch bei stationärem Schallempfang signifikant reduzieren, was insbesondere für die Unterwasserkommunikation eine große Herausforderung darstellt. Wasserschallempfänger sind zudem häufig an bewegte Plattformen, wie z.B. Schiffe, gebunden, deren Dynamik den Schallempfang zusätzlich beeinträchtigen kann. Dabei limitiert insbesondere das durch die turbulente Umströmung erzeugte Störgeräusch im Inneren des hydroakustischen Empfangssystems, das sogenannte Sonar-Eigenstörgeräusch, die Leistungsfähigkeit und damit die Einsatzmöglichkeiten von plattformgebundenen Wasserschallempfängern. Experimentelle Untersuchungen unter Seebedingungen ermöglichen ein grundlegendes Verständnis der zugrundeliegenden dynamischen Prozesse des Wasserschallempfangs und eröffnen so neue Möglichkeiten im Hinblick auf zukünftige Empfangssysteme und -methoden.**

## Einleitung

Die Absorptionseigenschaften von Meerwasser verhindern ein signifikantes Eindringen von elektromagnetischer Strahlung in die Ozeane, so dass sich deren technische Nutzung für Unterwasseranwendungen – abgesehen von der Längstwellenkommunikation – auf das optische Band und damit auf die mit optischen Signalen maximal erreichbaren Übertragungsreichweiten von wenigen zehn Metern beschränkt. Über größere Distanzen lassen sich Signale im Meer nur durch Schall übertragen, so dass dem Wasserschall eine besondere Bedeutung – sowohl für die Unterwasserkommunikation als auch für die Lokalisierung von Objekten unter Wasser und die

## Dynamical Aspects of Underwater Sound Reception

**Underwater sound reception is significantly influenced by dynamical processes, which do not play the same prominent role in the reception of air-bourne sound. On the one hand, these processes are closely related to ocean dynamics and on the other hand to the dynamics of the sound receiver in the water. Sound speed at sea is not homogeneous and displays a substantial spatial and temporal variability on various scales, caused by underlying fluid dynamical processes. The variability causes fluctuations in the hydroacoustical transmission channel and can, even in case of a stationary sound receiver, significantly reduce the quality of sound transmission, which is particularly challenging in underwater communication. Underwater sound receivers are often mounted to moving platforms, such as ships, and so platform-related dynamics further affects the quality of underwater sound reception. In particular, noise induced in the interior of a hydroacoustic antenna by a surrounding turbulent boundary layer due to platform motion limits its performance and therefore possible fields of application. Experimental investigations under sea conditions allow a fundamental understanding of the underlying dynamical processes of underwater sound reception and open new possibilities for future sound receivers and reception methods.**

Erfassung der maritimen Umwelt mittels SONAR (SOund Navigation And Ranging) – zukommt [1]. Die Ausbreitung von Wasserschall wird dabei maßgeblich durch die Inhomogenität der Schallgeschwindigkeit im Meer und deren räumlicher und zeitlicher Variabilität bestimmt. Die lokale Schallgeschwindigkeit ergibt sich aus der Temperatur, dem Salzgehalt und dem Druck an einem Ort, wobei die vertikale Variation der Schallgeschwindigkeit aufgrund der Dichteschichtung im Meer typischerweise ausgeprägter ist als die horizontale, so dass dem vertikalen Schallgeschwindigkeitsprofil eine besondere Bedeutung für die Ausbreitung von Wasserschall im Meer zukommt. Insbesondere treten im Meer häufig

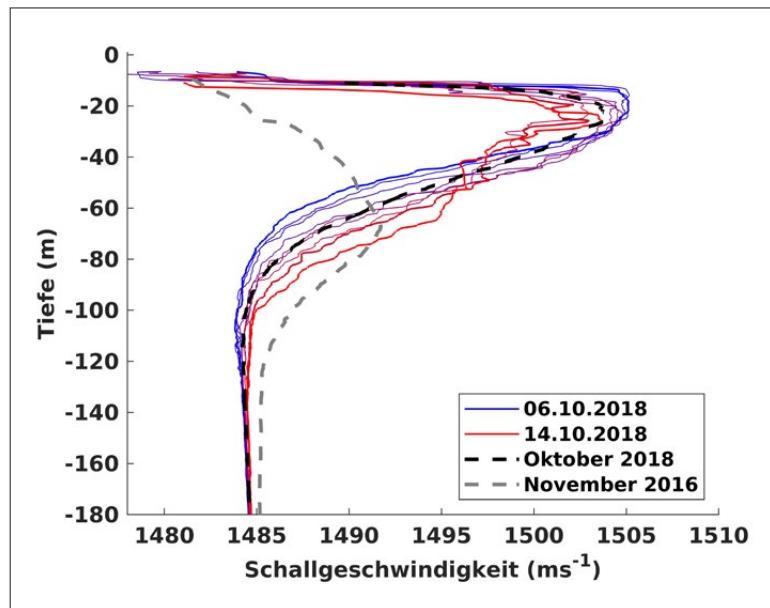


Abb. 1: Variabilität der gemessenen Schallgeschwindigkeit (durchgezogene Linien) bis zu einer Tiefe unterhalb der Sprungschicht im Sognefjord (Norwegen). Die Profile wurden täglich vom 6. (blau) bis zum 14. (rot) Oktober 2018 zur selben Uhrzeit an einer festen Position im Fjord bestimmt. Die Schallgeschwindigkeit nimmt zu größeren Tiefen maßgeblich aufgrund des Druckanstiegs wieder zu und liegt z.B. bei 800 m Tiefe bei ca. 1.494 m/s. Zur Verdeutlichung von Änderungen auf einer größeren Zeitskala ist das mittlere Schallgeschwindigkeitsprofil (grau gestrichelt) aus dem November 2016 im Vergleich zum Mittelwert der dargestellten Profile aus dem Oktober 2018 (schwarz gestrichelt) dargestellt.

Sprungschichten auf, welche überwiegend im Tiefwasser zur Bildung von Schallkanälen führen können. Sprungschichten zeichnen sich durch signifikante Gradienten in der vertikalen Temperatur-, Salzgehalts- oder DichteVerteilung aus. Für jede Aktivität im Bereich der Unterwasserakustik ist die genaue Kenntnis der Schallausbreitungsbedingungen von zentraler Bedeutung [2].

Bedingt durch die strömungsdynamischen Prozesse, die im Meer auf sehr unterschiedlichen zeitlichen und räumlichen Skalen ablaufen, fluktuiert die Schallgeschwindigkeit ebenfalls auf unterschiedlichen Skalen. Exemplarisch ist in Abbildung 1 die typische Variabilität der vertikalen Schallgeschwindigkeitsprofile (durchgezogene Linien) auf einer täglichen Skala im Sognefjord (Norwegen) dargestellt. Änderungen auf einer größeren Zeitskala werden in Abbildung 1 durch zwei mittlere Schallgeschwindigkeitsprofile (gestrichelte Linien) aus unterschiedlichen Monaten verdeutlicht. Diese vertikalen Schallgeschwindigkeitsprofile sind durch langsames Herablassen („Fieren“) der integrierten CTD-Sonden (Conductivity, Temperatur, Depth) des Forschungsschiffs ELISABETH MANN BORGESE vom Institut für Ostseeforschung (IOW) auf einer festen Position im zentralen Bereich des Sognefjords gemessen worden.

Mittels eines numerischen Modells (z.B. MOCAS-SIN) lässt sich aus einem gemessenen vertikalen Schallgeschwindigkeitsprofil die Ausbreitung von Wasserschall über die unterschiedlichen Schallpfade für große Entferungen von einer Schallquelle berechnen und daraus der Signalüberschuss für eine Übertragung von Wasserschallsignalen bestimmen. In Abbildung 2 ist das Ergebnis einer numerischen Berechnung für eines der in Abbildung 1 dargestellten Profile zu sehen.

Fluktuationen auf deutlich kürzeren Zeitskalen als die in Abbildung 1 dargestellte tägliche Skala werden durch kleinskalige Turbulenz oder (interne) Wellen verursacht und können dazu führen, dass sich der Übertragungskanal für Wasserschallsignale noch innerhalb der Signallaufzeit, sogar im Bereich von Millisekunden, derart ändern kann, so dass eine Übertragung insbesondere von Kommunikationssignalen stark beeinträchtigt wird.

Da der überwiegende Anteil der Aktivitäten im Bereich der Unterwasserakustik plattformgebunden ist, kommt dem Schallempfang [3] mit bewegten Empfängern eine besondere Bedeutung zu. Schallempfänger können dabei direkt in eine bewegte Plattform integriert sein, wie z.B. ein schiffsgebundenes Echolot, oder als abgesetztes Empfangssystem geschleppt werden. Beispiele für geschleppte Systeme sind Schleppantennen („towed arrays“) für die Unterwasserdetektion oder die seismische Exploration sowie Side-Scan Sonare zur Charakterisierung des Meeresbodens. Eine schematische Darstellung einer Schleppantenne findet sich in Abbildung 3. Letztere können auch in sogenannte AUV („Autonomous Underwater Vehicle“) integriert werden. Die plattforminduzierte Dynamik von Wasserschallempfängern verläuft, abgesehen von kurzeitigen (Schiffs-)Manövern, überwiegend gleichförmig auf festen Kursen mit konstanter Geschwindigkeit, wodurch ein empfangsseitiger multipler Doppler-Effekt beim Schallempfang hinzutritt, der insbesondere für SONAR-Anwendungen von Bedeutung ist.

Durch die relative Bewegung einer hydroakustischen Antenne im Wasser kommt es zusätzlich zur Beeinträchtigung des Schallempfangs durch meeresdynamische Prozesse auch noch zu Einschränkungen, welche durch die turbulente Umströmung der Antenne verursacht werden. Durch die äußere Umströmung entsteht eine turbulente Grenzschicht an der Antennenhülle, die im Inneren ein Störgeräusch, das sogenannte strömungsinduzierte Eigenstörgeräusch, induziert. Aufgrund der ausgeprägten Geschwindigkeitsabhängigkeit von strömungsinduzierten Geräuschen [4] limitiert das (strömungsinduzierte) Eigenstörgeräusch die Leistungsfähigkeit eines hydroakustischen Antennensystems bei höheren

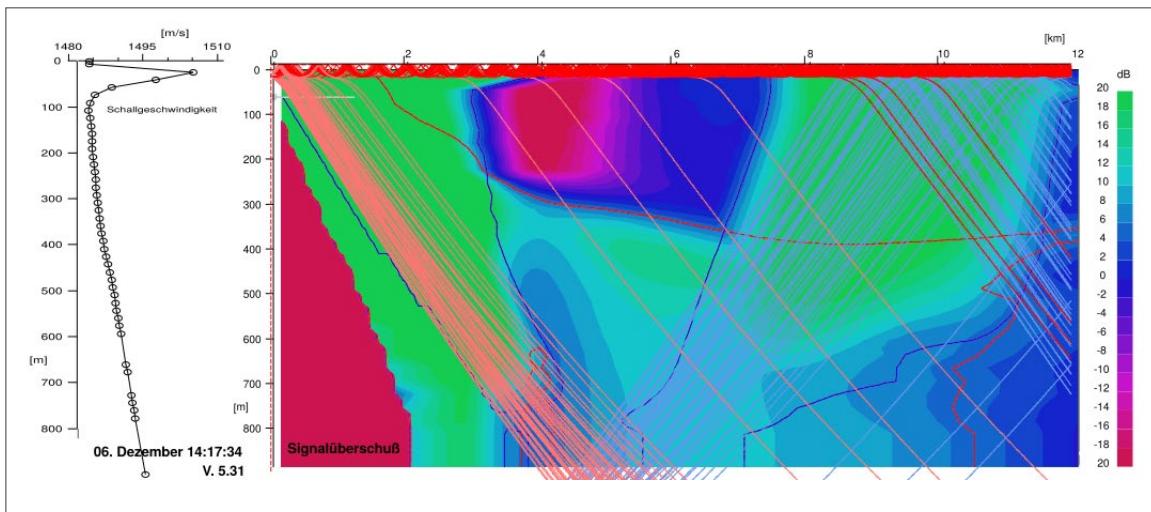


Abb. 2: Modellierung der Signalüberschusssituation im Sognefjord. Der Schall wird von einer getauchten Einheit in 60 m Tiefe über zwei Pfadbündel ausgestrahlt, einmal direkt an der Oberfläche und dann parabelförmig durch die Wassersäule zum Empfänger transportiert. Die mittleren Schallgeschwindigkeiten auf den Pfadbündeln unterscheiden sich, grüne Bereiche repräsentieren ein positives Signal-zu-Rauschverhältnis am möglichen Empfängerort über 6 dB, dass Voraussetzung für eine fehlerfreie Dekodierung ist.

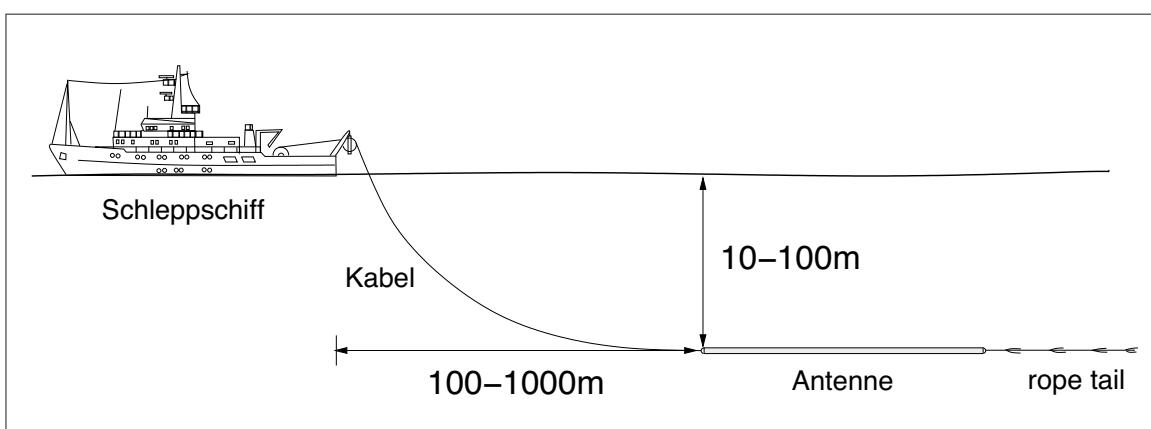
Plattformgeschwindigkeiten und schränkt somit sowohl die Detektionsreichweite als aus die Flächen-suchleistung (höhere Fahrtgeschwindigkeiten ermöglichen höhere Wegstrecken in gleicher Zeit, aber wegen des höheren Störpegels schlechtere Detektionswahrscheinlichkeit und umgekehrt) ein.

### Doubly Spread Channels – Effektkompen-sation bei der Übertragung im Schallkanal

Es überlagern sich also unterschiedliche Effekte im Zusammenspiel von bewegtem Sender, bewegtem Medium und bewegtem Empfänger, die zu unterschiedlichen Signalveränderungen bei der Übertragung im Meer führen. Zur Zeit der Kaiserlichen Marine mit den damaligen Untersuchungen zur Unterwassertelegraphie (U.T.) konnten diese Effekte schwer nachvollzogen werden. Es zeigte sich mit der

zusammenfassenden Darstellung der U.T.-Situation durch die Militärkommandos vom 16. Oktober 1916 und 23. März 1918 [5, Anhang D, Dokument 4], dass damals schon verstanden wurde, dass die Umwelt einen großen Einfluss auf die Empfangsreichweiten hat. Die Vermutung von Materialschwächen der Sendewandler (Lautsprecher unter Wasser) als Grund für den verstümmelten Signalempfang wich langsam der wissenschaftlich korrekten Interpretation von Temperaturschichtungen in der Wassersäule. So wurde zur Kaiserzeit von Herrn Schrader ausgeführt: „Wie sehr ungleichmäßige Wasser-Temperaturschichtungen (von anderen, kaum überbrückbaren Störungen ganz abgesehen) auf die akustische Reichweite von Einfluss sind, erhellt daraus, dass von hier die zuverlässige Reichweite für U.T. für die Praxis auf rund sechs Seemeilen angegeben wird, wäh-

Abb. 3: Schematische Darstellung eines Oberflächenfahrzeugs (Schiff) mit einer linearen Schleppantenne. Abhängig vom Einsatz- und Frequenzbereich kann die Länge einer derartigen, aus einer Vielzahl von Einzelhydrophonen bestehenden Antenne von wenigen Metern bis zu einigen Kilometern variieren.



rend U.T.-Signale unter günstigen Verhältnissen auf etwa 30 Seemeilen wahrgenommen worden sind.“ [5]. Seit den sechziger Jahren gelten die physikalischen Grundlagen als weitestgehend verstanden [1]. Gerade die raumzeitliche Änderung von Druck (über die Wassertiefe), Temperatur und Salzgehalt leitet über die daraus resultierende Schallgeschwindigkeit mittels dem Snelliusschen Brechungsgesetz den Schall, führt mittels Schattenzonen zu abrupten Abnahmen der Detektionsreichweiten, aber auch über Schallkanäle oder Konvergenzzonenausbreitung zu Überreichweiten gegenüber der homogenen Situation eines komplett durchmischten Wasserkörpers wie beispielsweise im winterlichen Flachwasser. Dabei sind es nicht nur Effekte auf größeren Skalen, wie jahreszeitliches Wetter mit Seegang bei Herbststürmen, pH-Wert-Änderungen durch Schmelzwasser oder tagesaktuelles Wetter mit Wellenschlag und dessen Blaseneintrag, internen Wellen, (Gezeiten-) Strömungen, Regen sowie Sonneneinstrahlung (z. B. der sogenannte Afternooneffekt durch Erwärmung der Wasseroberfläche über den Vormittag), sondern die kleinsten Schwankungen der Mehrwegesituation mit konstruktiver und destruktiver Interferenz, die als Wechsel der Ausbreitungspfade die korrekte Erkennung von Sendesignalen am Empfänger stören. Gerade diese kleinskaligen dynamischen Prozesse führen zu den größten Herausforderungen bei einer technischen Nutzung der hydroakustischen Signalübertragung zur Detektion, Navigation und Kommunikation im Grenzbereich. Ob nun beim SONAR zur Echendetektion unter der Umgebungsrauschgrenze, bei der zur Positionsbestimmung über Multilateration notwendigen Entfernungsschätzung mit unbekannter vom Schall genutzter Pfadlänge und unbekannter vorliegender mittlerer Schallgeschwindigkeit über diesen Weg – beides kann über eine exakt synchronisierte Laufzeitmessung nur zu groben Schätzungen führen – bis hin zur digitalen mobilen Unterwasserkommunikation, die Nachrichten in unterschiedliche Phasenkonstellationen kodiert, obwohl an der unbekannten Meeresboden topologie oder an der bewegten Wasseroberfläche diese Phasen unbekannt gestreut und damit verfälscht werden und damit dem Empfänger eine Zuordnung zur Umwelt oder zum Sender erschwert wird. Eine In-Situ Unterstützung durch Prognosemodelle, die in den eingesetzten Systemen implementiert sind, scheitert bei den kleinskaligen Prozessen oft an fehlenden Daten über die aktuellen Werte der ozeanographischen und geophysikalischen Größen sowie zu den dynamischen Eigenschaften der Sende- und Empfangssysteme. Aber auch eine kontinuierliche In-Situ-Messung liefert nur beschränkte Unterstützung. Die dynamischen Aspekte beim Schallemp-

fang im Meer stellen heutzutage die größte Herausforderung an die Technologie.

Zur Verdeutlichung diene folgendes Beispiel aus der Kommunikationsthematik: Durch meeresdynamische Prozesse werden ausgesendete Signale durch Mehrwegeeffekte zeitlich diffus am Empfänger überlagert. Durch adaptive Algorithmen und vorher beim Sender eingebrachte Schutzvorkehrungen kann die entstehende Intersymbolinterferenz am Empfänger – also die zeitliche Verschmelzung benachbarter Nachrichtensymbole – gut geschätzt, modelliert und kompensiert werden. Anders verhält es sich bei der diversitären Dopplerausprägung, die im Frequenzbereich zu einem Übersprechen von benachbarten Frequenzbereichen führt. Bei breitbandigeren Anwendungen wie der Unterwasserkommunikation werden dadurch komplexe Signalverzerrungen eingetragen.

#### Doppler-Effekt bei einer mittleren Schallgeschwindigkeit

Betrachtet man einen Sender S und einen Empfänger R, die sich geradlinig entlang eines Ausbreitungspfades mit den (projizierten) Geschwindigkeiten  $v_s(t)$  respektive  $v_r(t)$  fortbewegen, wie in Abbildung 4 skizziert. Ein von S ausgesendetes Signal der Zeitdauer T wird beim Empfänger gestaucht respektive gestreckt und entfernungsunabhängig mit einer Zeitdauer von

$$T' = \frac{\bar{c} - v_s}{\bar{c} - v_r} T$$

wahrgenommen, wobei  $\bar{c}$  die durchschnittliche Ausbreitungsgeschwindigkeit im Medium darstellt. Dieses Signal der Zeitdauer T sei als Symbol bezeichnet, zur Vereinfachung wird ein fester Zeitpunkt t für die Geschwindigkeiten angenommen.

- [t = 0] Zum Zeitpunkt t = 0 befinden sich Sender S und Empfänger R im Abstand von |SR| und bewegen sich mit den angegebenen Geschwindigkeiten  $v_s$  und  $v_r$  fort. S emittiert ein Signal der Zeitdauer T (Symbolanfang).
- [t =  $\tau$ ] Nach der Zeit  $t = \tau$  trifft das Signal bei R ein und hat eine Strecke von  $\tau \bar{c}$  zurückgelegt. Damit gilt

$$|SR| + v_r \tau = \bar{c} \tau \Leftrightarrow \tau = \frac{|SR|}{\bar{c} - v_r}$$

- [t = T] Das Signal wechselt seinen Zustand (Symbolende).
- [t =  $\tau'$ ] Zum Zeitpunkt t =  $\tau'$  bemerkt R diesen Zustandswechsel. Mittlerweile hat das Signal eine Strecke von  $(\tau' - T) \bar{c}$  zurückgelegt. Damit gilt

$$|SR| - v_s T + v_r \tau' = (\tau' - T) \bar{c} \Leftrightarrow \tau' = \frac{|SR|}{\bar{c} - v_s} + \frac{\bar{c} - v_s}{\bar{c} - v_r} T$$

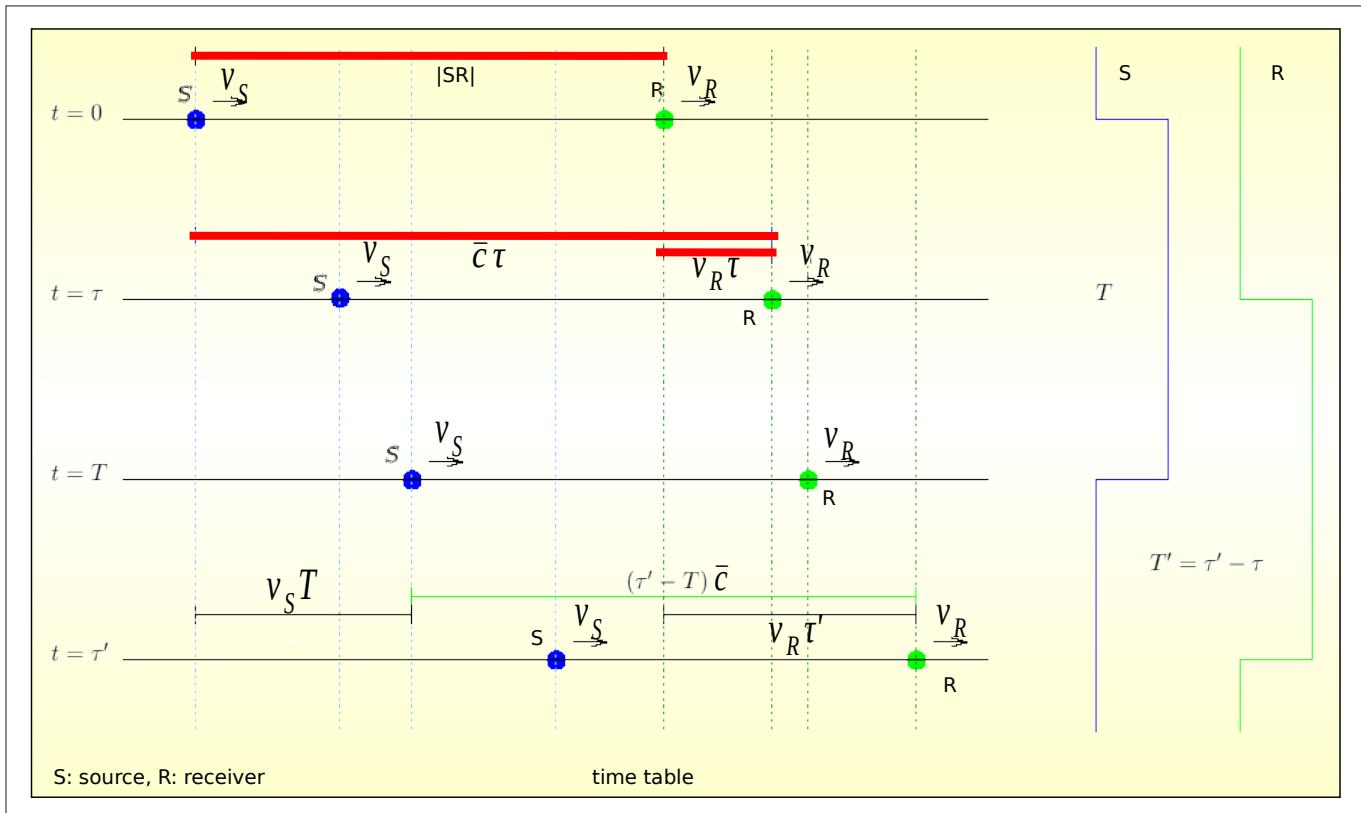


Abb. 4: Doppler-Effekt bei einer konstanten mittleren Schallgeschwindigkeit entlang eines Ausbreitungspfades. Die dargestellten Geschwindigkeiten des Senders und des Empfängers, welche für jeden Pfad unterschiedlich sind, ergeben sich aus der Projektion zwischen Bewegungs- und Ausbreitungsrichtung sowie der lokalen Geschwindigkeit relativ zum Medium.

Die Symboldauer beim Empfänger lässt sich somit angeben zu

$$T' = \tau' - \tau = \frac{\bar{c} - v_S}{\bar{c} - v_R} T.$$

Wenn  $f$  die Frequenz des Sendesignales  $s$  ist, so ist die Anzahl der Signale in dem Zeitfenster  $T$  gleich  $fT$ . Da die Signale vom Empfänger  $R$  in dem Zeitabschnitt  $T'$  beobachtet werden, ist die beobachtete Frequenz damit bekanntlich

$$f' = \frac{fT}{T'} = \frac{\bar{c} - v_R}{\bar{c} - v_S} f = \frac{1 - \frac{v_R}{\bar{c}}}{1 - \frac{v_S}{\bar{c}}}.$$

In der Wassersäule variiert die Schallgeschwindigkeit allerdings über unterschiedliche Pfadbündel, wie in Abbildung 2 skizziert; bei der Schallausbreitung überlagern sich damit Symbole unterschiedlicher Längen  $T'$ . Technisch kann man durch Resampling – also eine Neuabtastung des Signals – jedoch nur eine Dopplerverschiebung (den Doppler Shift) ausgleichen. Wenn nun das eine Symbol der Länge  $T$  beim Empfänger unterschiedlich skaliert, gestreckt und gestaucht mit dem Signal aus anderen Pfaden überlagert eintrifft, dann führt ein einzelnes Resampling zu einer Spreizung bei den anderen und ein sogenannter „Doppler spread“ entsteht. Die Spreizung in der Zeit durch die Mehrwegeausbreitung (delay spread) plus die Spreizung in der Frequenz durch die

dynamischen Prozesse in Form des Doppler spread kombinieren sich zu einem sogenannten „doubly-spread channel“. Dieses kann mathematisch durch die Kanal-Autokorrelation-Funktion beschrieben werden, welche die Variation des Schallkanals in dem Frequenz-Zeit-Ortsraum gut charakterisiert. Visualisierungen dieser komplexen Zusammenhänge (Delay-Doppler-Power-Spectrum) für eine Ausbreitungssituation im Mittelmeer findet man als Filmmaterialbeispiel unter [6].

Im Folgenden wird das Beispiel der Messung aus dem Sognefjord aus Abbildung 1 zur Verdeutlichung des Effekts aufgegriffen und ein Übertragungspfadbündel nahe der Oberfläche (siehe Abb. 2) mit einem parabelförmigen Pfad mit einer um 600 Meter größeren Weglänge im Tiefwasser bei mittleren Schallgeschwindigkeiten von 1.484 m/s kurz unterhalb der Sprungschicht und 1.494 m/s in der Tiefe miteinander verglichen. Befindet sich ein Wasserschallempfänger unmittelbar unterhalb der Sprungschicht, dann kann vereinfacht ein direkter Pfad mit einem festen Abstand zwischen Sender und Empfänger und ein sieben Promille längerer Ausbreitungsweg über den Parabelpfad betrachtet werden. Ein vom Sender abgestrahltes Symbol, welches eine Nachricht tragen kann [6], wird dann fast gleichzeitig am Empfänger über beide Pfade ankommen. Es entsteht

eine Co-Symbol-Interferenz. Zwischen beiden ein treffenden Kopien gibt es jedoch einen gravierenden Unterschied: Beide Empfangskopien sind durch den Einfluss der durchschnittlichen mittleren Schallgeschwindigkeiten und dem resultierenden Doppler-Faktoren unterschiedlich lang, eine (projizierte) Bewegung von Sender oder Empfänger vorausgesetzt. Betrachtet man das Frequenzband von 4 – 8 kHz, ein Sendeschiff mit zwölf und einem AUV als Empfänger mit sechs Knoten Fahrtgeschwindigkeit, was ungefähr 6 bzw.  $3 \text{ ms}^{(-1)}$  entspricht (bei der ausgeprägten Sprungschicht zwischen Oberfläche und Wasserkörper ist auch das eine Kommunikationsherausforderung), so führt das mit

$$f' = \frac{1484 - 3}{1484 + 6} f = 0,9939 \dots f \neq 0,994 f = \frac{1494 - 3}{1494 + 6} f = f''$$

zu den Empfangsfrequenzänderabweichungen [-24,16; -48,32] Hz und [-24; -48] Hz gegenüber der Ausstrahlung. Jedoch kann man für ein Zeitintervall nur mit einer festgelegten Rate neu abtasten, so dass zwangsläufig im anderen Band ein Abtastfehler, hier im Bereich von ca.  $\frac{1}{4}$  Hz, entsteht. In diesem idealisierten Beispiel ist der Unterschied nicht sehr ausgeprägt, vergrößert sich jedoch zusammen mit anderen dynamischen Prozessen in den Be-

reich von einigen Hertz Bandbreite. Wenn nun das 4-kHz-Frequenzband aus diesem Gedankenbeispiel bei einem Mehrträgerverfahren in 1.024 Unterträger zerlegt wird, bei dem in jedem Unterband simultan Nachrichtenpakete übertragen werden, so kommt es zum sogenannten Übersprechen – also dem Verschmieren von Bändern. Dieser Effekt kann zumeist nur durch Schutzintervalle im Frequenzbereich kompensiert werden, was jedoch Bandbreite für die Übertragung kostet. Wie viel Schutz benötigt man nun in einer konkreten Situation in Zeit [im Bereich von Millisekunden] und Frequenz [im Bereich weniger Hertz]? Wie viele Unterbänder darf das Kommunikationssystem nutzen, das hauptsächlich wegen der Nutzung einer schnellen Fourier-Transformation nur in Zweierpotenzen operiert (Anzahl Träger: 256, 512, 1024, 2048)? Je mehr Unterträger verwendet werden, desto robuster wird das System gegen Mehrwegeausbreitung, jedoch wird es gleichzeitig umso empfindlicher gegen das Übersprechen. Hier fehlt es an In-Situ-Modellen und In-Situ-Indikatoren – und stellt eine Herausforderung für die Zukunft dar [7]. Auch das (strömungsinduzierte) Eigenstörgeräusch und das räumlich und zeitlich sich ändernde Umgebungsgeräusch haben einen starken Einfluss auf die Qualität der Empfangsstruktur. Gerade wenn

## Admonter

Nature's favourite Designer



ACOUSTICs Premium Eiche stone | ©Das Martell | Foto: Daniel Sobietzki

**ADMONTER AKUSTIK**  
ERÖFFNET NEUE  
MÖGLICHKEITEN DER  
AKUSTISCHEN  
UND VISUELLEN  
RAUMGESTALTUNG.

admonter.com

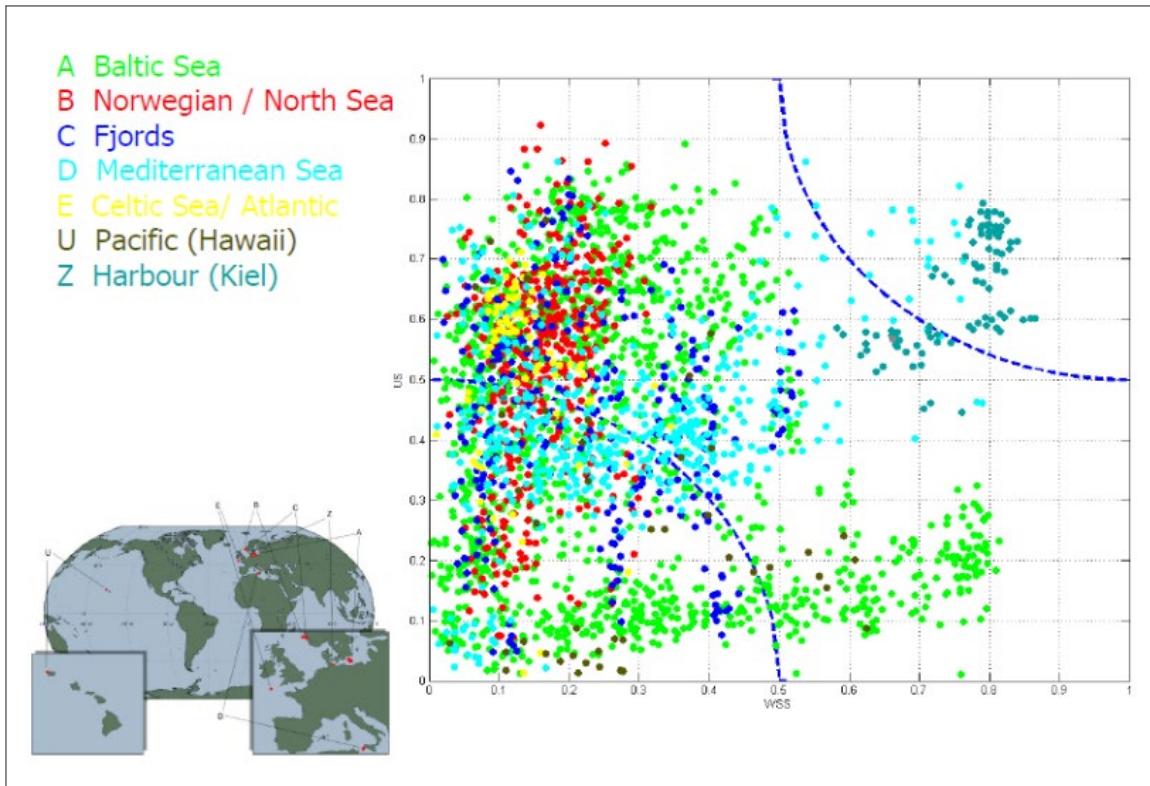


Abb. 5: Messungen im Meer von WSS-US-Paaren aus dem Indikator [7] über alle 30-Sekunden-Archivierungen (über 3000 Beprobungen) der FWG/WTD 71 seit 2001. Paar-Punkte in der linken unteren Ecke erfüllen die Annahme eines WSSUS-Kanals, gegenüber in der rechten oberen Ecke nicht. Auch die Stationarität von Geräuschen (US) trifft oft nicht zu (obere Quadrathälfte).

man umweltschonende, energiearme (Unterwasser-Kommunikations-)verfahren nutzen möchte, bei denen beim Empfänger nur wenig Energie über den Rauschgrenzen liegt, wird aktuelles Kanalwissen notwendig. So hat das im obigen Gedankenbeispiel eingeführte Schiff einen höheren Eigenstörpegel als das AUV, kann daher Nachrichten nicht so gut empfangen, beide haben eine unterschiedliche Empfangssituation, bei der sonst immer angenommenen Kommutativität zwischen Sender und Empfänger!

#### In-Situ-Kanalvermessungen

Zur In-Situ-Kanalvermessung werden vom Sender in den Nachrichtenstrom sogenannte Piloten eingebracht, dem Kommunikationspartner bekannte Signalkonstellationen, an denen der Empfänger erkennt, welche Änderungen auf dem Übertragungsweg durch den Sender (als Nachricht) und welche durch die Umweltbedingungen hervorgerufen worden sind. Die Anzahl dieser Piloten muss an die dynamische Ausbreitungssituation kanalangepasst stets optimiert werden. Meistens wird jedes Datenunterband durch ein oder zwei Pilotenunterbänder flankiert, was zu einer Halbierung respektive Drittteilung des Transfervolumens führt. Blinde Ansätze, die die Pilotenanzahl stark minimieren respektive ohne Piloten auskommen, sind auf eine statistische Beschreibung des

Übertragungsverhaltens durch die mathematische Formulierung der oben angeführten Kanal-Autokorrelationsfunktion angewiesen. Das im Mobilfunk bei Standardsituationen (keine Hochgeschwindigkeitsfahrzeuge) gern genutzte WSS-US-Modell (wide-sense stationary uncorrelated scattering) fasst beide Bereiche zusammen, erwartet aber im Beobachtungszeitraum eines Symbols (Symbolzeit) die Stationarität im weitesten Sinne und gleichzeitig die Unkorreliertheit der Streukomponenten. Es stellt sich die Frage, ob aufgrund der dynamischen Prozesse im Meer diese Voraussetzung überhaupt gegeben sind? Hochgenaue Messungen zur Phasenschwankung haben gezeigt (Abb. 5), dass in vielen Einsatzsituationen auf See weder ein stationäres farbiges Rauschen fester Flanken oder eine Stationarität innerhalb der Symbolzeit oder beides vorliegt. Stationarität bezüglich der Zeit und Stationarität bezüglich der Frequenz – also der Bewegung – ist in dynamischen Systemen nicht grundsätzlich zu unterstellen. Die Kenntnis einer der vier Charakterisierungen a) Verzögerungs- oder b) Doppler-Kreuzleistungsdichstespektrum, c) Zeit-Frequenzkorrelations- oder d) Streufunktion reicht somit nicht aus, um jeweils die drei anderen Charakterisierungen daraus berechnen zu können – es liegt keine Vertauschbarkeit der zugehörigen Integrale und damit von Zeit und Frequenz

in den Berechnungen vor. Empfängerkonzepte können nicht vom Mobilfunk auf Unterwasseranwendungen übertragen werden, die physikalischen Größenordnungen der relevanten dynamischen Prozesse sind tatsächlich andere [5, 6, 7].

Wie lässt sich nun In-Situ bestimmen, welches Modell in der Empfängerstruktur und damit welche statistische Verteilung vorliegt? In vorbereitenden Arbeiten, die in [7] weitergeführt worden sind, wurden erste Schritte unternommen, um einen 2-bit-Indikator [WSS, US] zu implementieren, der dem Empfänger zu verbesserten Dekodier-Ergebnissen verhelfen soll. Das Verständnis des Zusammenspiels von Bewegung von Sender, Empfänger und Medium über die Zeit und damit vom wichtigen Frequenz-Zeit-Produkt ist jedoch noch unvollständig.

### Strömungsinduziertes Eigenstörgeräusch

Bei Bewegung einer Sensorplattform im Wasser entstehen durch die Umströmung turbulente Druckfluktuationen in der unmittelbaren Umgebung der Sensoren. Diese dynamischen Prozesse spielen für die Qualität des Schallempfangs eine zentrale Rolle. Allgemein umfasst das Eigenstörgeräusch einer hydroakustischen Antenne alle Störgeräusche, die ihren Ursprung nicht im Wasserschall haben, sofern dieser nicht unmittelbar durch die Sensorplattform selbst erzeugt wird [1]. Die nicht aus dem Nahbereich der Sensorplattform stammenden Geräuschbeiträge, die z. B. durch Wind, Regen oder auch (entfernten) Schiffsverkehr erzeugt werden, bilden zusammen das Umgebungsgeräusch im Meer, welches sowohl von den Umweltbedingungen als auch vom Seegebiet abhängt [8]. Da das aus entfernten Quellen stammende Umgebungsgeräusch nicht ursächlich mit der Sensorplattform verbunden ist, kann es auch nicht durch Bauart oder Betrieb der hydroakustischen Antenne beeinflusst werden. Daher wird der Einfluss des Eigenstörgeräusches auf die Leistungsfähigkeit einer hydroakustischen Antenne unabhängig von den anderen, meeresspezifischen Störeinflüssen, wie dem Umgebungsgeräusch und, bei aktiven Systemen, auch dem Nachhall, betrachtet.

Wesentliche Beiträge zum Eigenstörgeräusch können bei plattformgebundenen Wasserschallempfängern von den Geräuscherzeugern der Sensorplattform selbst, wie z. B. vom Fahrmotor eines Schiffes, verursacht werden, sofern der Störschall über einen Körperschall- oder plattformnahen Wasserschallpfad in die Antenne einkoppeln kann. Diese plattformspezifischen Beiträge zum Eigenstörgeräusch sind bei einem abgesetzten Empfangssystem, wie z. B. einer Schleppantenne, gegenüber einem plattformgebundenen signifikant reduziert, wodurch ins-

besondere im schiffsakustisch relevanten Frequenzbereich ein verbessertes Empfangsverhalten erreicht werden kann. Dem steht allerdings auch ein höherer technischer Aufwand beim Einsatz von geschleppten Systemen unter Seebedingungen entgegen.

Die Fahrtgeschwindigkeit ist für den Einsatz von bewegten Empfangssystemen ein wesentlicher Parameter, da für viele Anwendungen eine Abwägung zwischen Detektionsleistung, maßgeblich bestimmt durch das Eigenstörgeräusch, und Flächensuchleistung getroffen werden muss [1]. Je nach Bauart und Einsatzzweck einer hydroakustischen Antenne gibt es unterschiedliche Geräuschbeiträge, die bei bewegten Schallempfängern je nach Fahrtgeschwindigkeit unterschiedlich zum Eigenstörgeräusch beitragen. Dieses hat z. B. in der Unterwasserkommunikation zur Folge, dass bei der Verwendung unterschiedlicher Sensorplattformen, wie z. B. von Schiffen und AUV, unterschiedliche, plattformspezifische Eigenstörpegel die Kommunikation zwischen den Sensorplattformen beeinträchtigen können.

Abgesehen von möglichen Geräuschbeiträgen bei hohen Plattformgeschwindigkeiten durch Kavitation an (Schiffs-)Propellern steigt der von der Sensorplattform herrührende Beitrag zum Eigenstörpegel zwar moderat mit der Fahrtgeschwindigkeit an, ist aber in der Regel bei anwendungsrelevanten Geschwindigkeiten, bis auf linienartige Beiträge, nicht das dominante Störgeräusch. Strömungsinduzierte Geräusche, die durch die turbulente Umströmung der Antennenhülle induziert werden, spielen hier eine zentrale Rolle.

### Strömungsinduzierte Innengeräusche

Die Hydrophone im Inneren einer hydroakustischen Antenne sind typischerweise von einer elastischen Hülle umgeben, die mit einer (ruhenden) Flüssigkeit gefüllt ist. Bei Schleppantennen wird als Füllung häufig ein Öl verwendet, während die Hülle eines plattformgebundenen Empfangssystems meist mit Wasser hinterlegt ist. Hydrophone können für manche Anwendungen aber auch in einem akustisch (nahezu) transparenten Festkörper eingegossen werden, was eine kompakte Bauweise ermöglicht, aber in der Regel auch höhere Eigenstörpegel mit sich bringt. Durch die Umströmung der Antennenhülle bei einem bewegten Empfangssystem bildet sich bei anwendungsrelevanten Plattformgeschwindigkeiten eine turbulente Grenzschicht an der Hülleaußenseite aus. Dabei regen die turbulenten Wanddruckschwankungen die elastische Hülle an, die ihrerseits bei einer, mit einem Fluid hinterlegten Antenne auf der Innenseite hydroakustischen (Nahfeld-)Schall erzeugt. Dieses Innenraumgeräusch am Ort des Hydrophons bildet den strömungsinduzierten Beitrag zum Eigenstörge-

räusch. Dabei weist der Spektralpegel des strömungsinduzierten Störgeräusches am Hydrophon die für strömungsakustische Geräusche typische, ausgeprägte Zunahme mit der (äußeren) Strömungsgeschwindigkeit auf, so dass das strömungsinduzierte Eigenstörgeräusch zu höheren Fahrtstufen hin den Störpegel am Hydrophon dominiert und die Leistungsfähigkeit des hydroakustischen Empfangssystems begrenzt.

In Abbildung 6 ist ein Wellenzahl-Frequenzspektrum dargestellt, welches den Einfluss des strömungsinduzierten Eigenstörgeräusches auf die Leistungsfähigkeit einer Linearantenne verdeutlicht [9]. In dieser Darstellung des Spektrums, dass mittels 2D-Fourier-Transformation berechnet wurde, ist die projizierte Schallgeschwindigkeit entlang geraden, vom Nullpunkt ausgehenden Linien konstant. Jede dieser Linien entspricht dabei einer horizontalen Ausbreitungsrichtung von Wasserschall, sofern sie innerhalb des durch die Dispersionsrelation von Wasserschall begrenzten, dreieckförmigen Bereichs (weiße Linien) liegt.

Im Wellenzahl-Frequenzspektrum können auch andere physikalische Prozesse entsprechend ihrer Dispersionsrelation Pegelbeiträge liefern. Ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit des jeweiligen Prozesses kleiner als die von Wasserschall, so liegt der spektrale Beitrag in einem Wellenzahlbereich ober- bzw. unterhalb (je nach Ausbreitungsrichtung) des dreieckförmigen Wasserschallbereichs.

Exemplarisch lässt sich in Abbildung 6 im Frequenzbereich oberhalb von 2 kHz eine Geräuschspur eines entfernten Schiffes (blaue gestrichelte Linie) erkennen, während unterhalb von 2 kHz breitbandige Geräuschbeiträge die Wasserschallspur im Spektrum überlagern. Der spektrale Beitrag dieses Störgeräusches spiegelt dabei die charakteristischen Dispersions-eigenschaften von Biegewellen wider. Die Anregung von Biegewellen durch eine turbulente äußere Grenzschicht führt bei dieser Antenne, deren Hydrophone in einem Festkörper vergossen sind, zu einem sehr hohen Eigenstörpegel im unteren Frequenzbereich, so dass praktische Einsatzmöglichkeiten dieses Empfangssystems auf den höheren Frequenzbereich beschränkt sind.

#### Strömungsakustische Experimente unter Seebedingungen

Aufgrund der Bedeutung des strömungsinduzierten Eigenstörpegels für die Leistungsfähigkeit eines hydroakustischen Empfangssystems, ist es wichtig, die physikalischen Prozesse der (strömungsinduzierten) Schallentstehung unter Wasser besser zu verstehen, aber auch Erkenntnisse über das zu erwartende Eigenstörgeräusch in einer frühen Phase eines Antennendesigns zu erlangen. Strömungsakustische

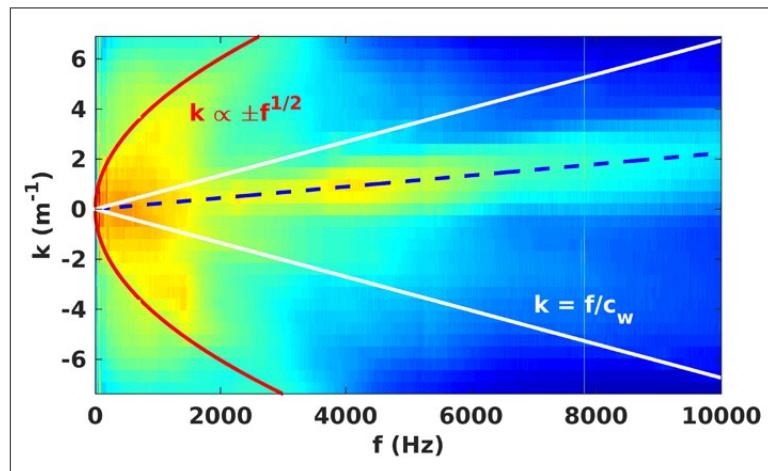


Abb. 6: Wellenzahl-Frequenzspektrum bestimmt mit einer Linearantenne bestehend aus 30 in einem Abstand von 7 cm äquidistant angeordneten Hydrophonen bei einer Schleppgeschwindigkeit von  $5,7 \text{ ms}^{-1}$ . Im unteren Frequenzbereich wird der Spektralpegel durch das strömungsinduzierte Geräusch, das durch turbulente Anregung von Biegewellen entsteht, dominiert. In diesem Frequenzbereich ist der Schallempfang durch das strömungsinduzierte Eigenstörgeräusch limitiert.

Experimente unter Seebedingungen ermöglichen grundlegende physikalische Untersuchungen zum strömungsinduzierten Eigenstörgeräusch in genau dem spezifischen akustischen und ozeanographischen Umfeld im Meer, welches auch für anwendungsnahe Fragestellungen relevant ist.

In Abbildung 7 ist das strömungsakustische Messsystem FLAME (Flow Noise Analysis and Measurement Equipment) [9] während eines Einholvorganges am Ende eines Schleppexperiments mit den Forschungs-

Abb. 7: FS ELISABETH MANN BORGESE (IOW, Warnemünde) beim Einholen des FLAME-Schleppkörpers (Flow-Noise Analysis and Measurement Equipment) während einer Forschungsfahrt in den Sogneford, Norwegen. Im Vordergrund erkennt man den FLAME Schleppkörper (gelb) mit der integrierten Linearantenne (grau), mit der das Wellenzahl-Frequenzspektrum in Abbildung 6 bestimmt wurde. Auf der gegenüberliegenden Seite vom Schleppkörper befindet sich die Messkonfiguration (vgl. Abb. 8).



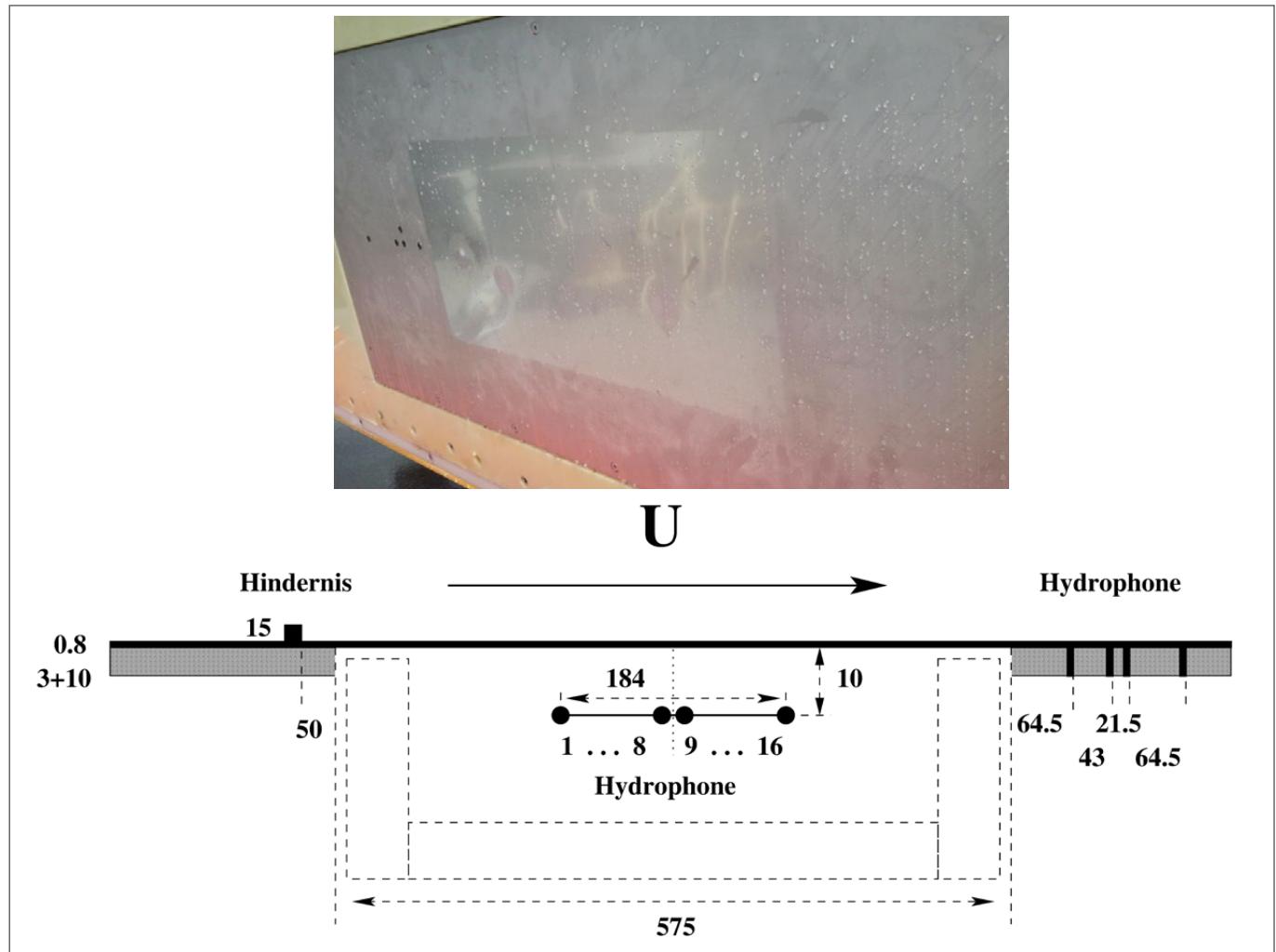


Abb. 8: Messplatte mit rechteckigem Messfenster und nicht-äquidistanten, stromabwärts hinter der Messplatte angeordneten wandbündigen Hydrofonen. Wegen der inhomogenen Plattendicken ist das Messfenster nach einem Schwimmertest sichtbar. Vor einer Messung werden die im Bild sichtbaren Zwischenräume und Kavitäten geglättet (oben). Messanordnung mit einem quaderförmigen Hindernis stromaufwärts vom Messbereich. Die turbulenten Wanddruckschwankungen werden stromabwärts vom Messfenster mittels wandbündiger Hydrophone vom Typ RESON 4050 und das Eigenstörgeräusch unterhalb der Platte mit einem Lineararray aus 16 äquidistant angeordneten Hydrofonen vom Typ RESON 4013 gemessen (unten).

schiff ELISABETH MANN BORGESE (IOW) im Sognefjord, Norwegen, zu sehen. Der Schleppkörper wurde während einer einzelnen Messung dieses Experiments auf geradem Kurs in einem Abstand zwischen 400 m und 800 m hinter dem Forschungsschiff auf einer Tiefe unterhalb von 90 m, d.h. unterhalb der lokalen Sprungschicht im Fjord (vgl. Abb. 1), geschleppt. Der große Abstand zwischen Schleppkörper und -schiff reduziert den Eintrag vom Störschall in das Messsystem hinreichend stark. Die Experimente auf großer Tiefe durchzuführen, hat insbesondere aber vibroakustische und nicht zuletzt auch hydrodynamische Gründe. Die Wasserschicht unterhalb der Sprungschicht zeigt nur eine geringe Variabilität, was ein ruhiges Laufverhalten ermöglicht und den Einfluss der Einstromturbulenz minimiert. Das System ist dabei hydrodynamisch derart ausgelegt, dass keine Flossenstabilisierung während einer Messung notwendig ist, so dass keine zusätzlichen Störgeräusche während einer Messung vorhanden sind.

Mit dem FLAME-Schleppkörpersystem lässt sich die strömungskustische Schallentstehung auf der Innenseite einer von außen turbulent angeregten (ebenen) Platten im Geschwindigkeitsbereich zwischen  $2 \text{ ms}^{-1}$  und  $7 \text{ ms}^{-1}$  systematisch untersuchen [10]. Das System ermöglicht die Untersuchung sehr unterschiedlicher Plattenkonfigurationen, die jeweils vor einem Experiment präpariert und in den FLAME-Schleppkörper integriert werden. Als Beispiel für eine derartige Messkonfiguration mit einem linear elastischen Material ist in Abbildung 8 (oben) eine Messplatte aus Stahl zu erkennen.

Der relevante Messbereich ist auf ein rechteckiges Fenster (575 mm x 300 mm) innerhalb der Plattenkonfiguration beschränkt, hinter dem auf der Innenseite eine Kavität mit einem Hydrophonarray

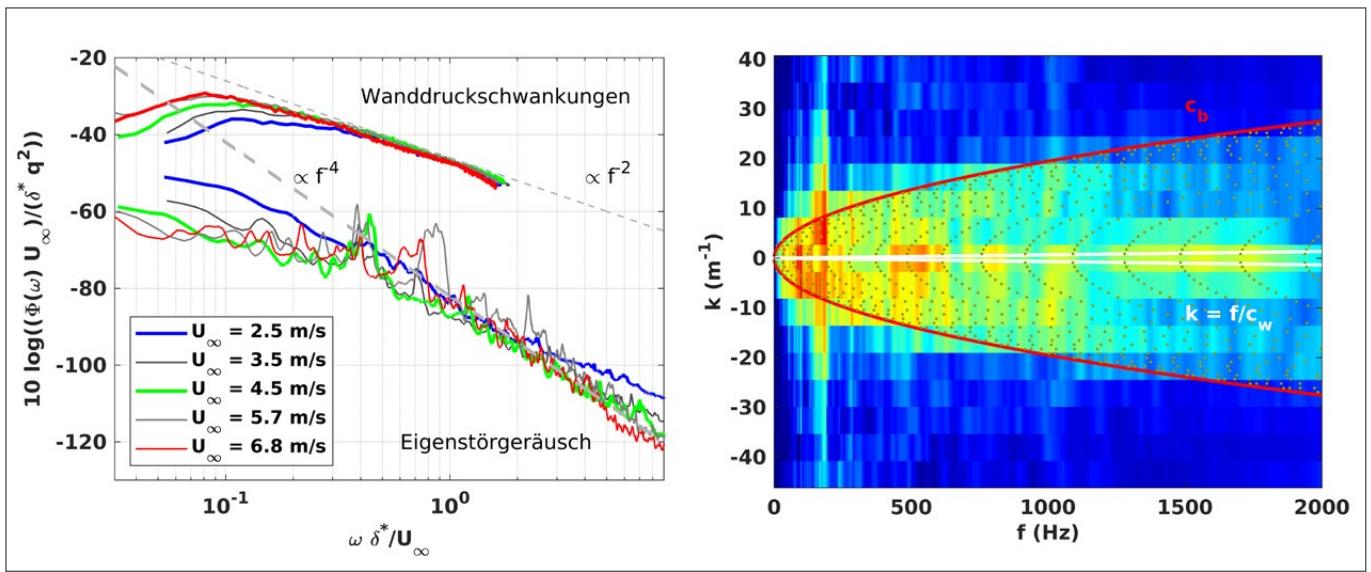


Abb. 9: Strömung über ein Hindernis: Vergleich der spektralen Leistungsdichte der turbulenten Wanddruckschwankungen ( $\alpha\omega^{(-2)}$ ) und des strömungsinduzierten Eigenstörgeräusches ( $\alpha\omega^{(-4)}$ ). Spektrale Leistungsdichte  $\Phi(\omega)$  und Frequenz  $\omega$  sind unter Verwendung der Verdrängungsdicke  $\delta^*$ , des dynamischen Drucks  $q$  und der äußeren Geschwindigkeit  $U_\infty$  dimensionslos dargestellt (links), normiertes Wellenzahl-Frequenzspektrum der Innenraumgeräusche mit Dispersionsrelation von Biegewellen und Position von diskreten Biegemoden (rechts).

für die Innenraumschallmessungen positioniert ist. Die turbulenten Wanddruckschwankungen der äußeren Grenzschichtströmung werden hingegen auf der Plattenaußenseite mit mehreren Hydrofonen gemessen, so dass sowohl die turbulente Anregung als auch der erzeugte Innenraumschall gleichzeitig erfasst werden. Eine schematische Darstellung des strömungskustischen Messaufbaus ist in Abbildung 8 (unten) zu sehen. Durch das Aufbringen einer dünnen Stahlplatte (0.8 mm Dicke) auf eine bedämpfte, ebene Stahlstruktur mit rechteckiger Aussparung ergeben sich für den (rechteckigen) Messbereich sowohl definierte akustische als auch glatte hydrodynamische Randbedingungen.

Exemplarisch sind in Abbildung 9 (links) mehrere Spektren der turbulenten Wanddruckschwankungen und des Innengeräusches skaliert dargestellt. Die Spektren stammen aus einer Untersuchung zum Einfluss von Hindernissen in der Grenzschichtströmung auf die Schallentstehung im Innenbereich. Als Skalierungsfaktoren wurden hier die Verdrängungsdicke  $\delta^*$ , der dynamische Druck  $q$  und die äußere Geschwindigkeit  $U_\infty$  der ungestörten turbulenten Grenzschicht verwendet. Andere Skalierungen mittels der Grenzschichtdichte  $\delta$  oder der Impulsverlustdicke  $\theta$  wären ebenfalls möglich. Bei einem quaderförmigen Hindernis, wie es in Abbildung 8 schematisch dargestellt ist, separiert die turbulente Grenzschicht am Hindernis und legt sich in einem gewissen Abstand vom Hindernis wieder an [11]. Der beobachtete quadratische Abfall in den Spektren der turbulenten Wanddruckschwankungen stimmt dabei gut mit den

Ergebnissen aus Laboruntersuchungen überein [12]. Der wesentliche Schallentstehungsmechanismus im Inneren ergibt sich durch die turbulente Anregung von Biegewellen, was sich auch im spektralen Abfall in den Spektren des Eigenstörgeräusches widerspiegelt. Der spektrale Beitrag, der durch die turbulente Grenzschicht angeregten Biegewellen, ist deutlich im Wellenzahl-Frequenzdiagramm in Abbildung 9 (rechts) zu erkennen.

Strömungskustische Experimente unter Seebedingungen, wie mit dem FLAME-Schleppkörper [9, 10], ermöglichen ein besseres Verständnis der grundlegenden physikalischen Prozesse, können aber auch konkrete Erkenntnisse zu anwendungsrelevanten Fragestellungen liefern. Die Charakterisierung des strömungsinduzierten Eigenstörgeräusches mittels statistischer Größen, wie der spektralen Leistungsdichte, stellt für viele strömungskustische Fragestellungen eine hinreichende Beschreibung dar. Um den Einfluss der turbulenzinduzierten Druckfluktuationen auf die Unterwasserkommunikation vollständig zu erfassen, wird in Zukunft aber ein besseres Verständnis der instantanen Dynamik notwendig werden.

## Diskussion

Dynamische Prozesse sind für den Empfang von Wasserschallsignalen von großer Bedeutung. Dabei stellen sowohl die raumzeitlichen Fluktuationen im Unterwasserschallkanal, aufgrund der Dynamik des Meeres, als auch die durch die Bewegung der Sensorplattform erzeugten (strömungsinduzierten) Störge-

räusche eine große Herausforderung dar.

Trotz der signifikanten Fortschritte im Bereich der numerischen Simulation von strömungsakustischen Schallentstehungsprozessen im Wasser [13, 14, 15], werden Experimente unter Seebedingungen für die Untersuchung des strömungsinduzierten Eigenstörgeräusches von bewegten hydroakustischen Sensor-systemen nicht zuletzt wegen der Komplexität der turbulenten Dynamik auch in Zukunft unverzichtbar bleiben. Neben der statistischen Charakterisierung des strömungsinduzierten Eigenstörgeräusches wird zukünftig auch, unterstützt durch aktuelle Entwicklungen im Bereich der Wasserschallsensoren, das Verständnis der instantanen Dynamik, wie sie unter anderem für die Unterwasserkommunikation wichtig ist, immer mehr in den Fokus rücken.

Systeme für die Unterwasserkommunikation müssen zukünftig in die Lage versetzt werden, die Größenordnungen der Fluktuationen im hydroakustischen Übertragungskanal zu schätzen und die Kanalparameter mittels a priori und a posteriori Wissen anzugeben, um sich über in-situ-Messungen und adaptiver Signalverarbeitung an den Schallkanal anzupassen. Angepasste „small data“-Strategien erscheinen hier vielversprechender zu sein als „big data“ im Zusammenspiel mit Computerintelligenz, aber in jedem Fall bedarf es eines tieferen Verständnisses der kleinskaligen Turbulenzprozesse und somit auch weiterer experimenteller Untersuchung zur Hydroakustik im Meer.

F. Franco, J. L. Guyader, and S. A. Hambric (eds.): Flinovia – Flow Induced Noise and Vibration Issues and Aspects. Springer, Cham, 2015.

- [11] Schäfer, F.; Müller, S.; Uffinger, Th.; Becker, S.; Grabinger, J.; Kaltenbacher, M.: Fluid-Structure-Acoustic Interaction of the Flow past a Thin Flexible Structure. *AIAA Journal – AIAA J.* 48, pp. 738–748. 10.2514/1.40344. 2010.
- [12] Camussi, R.; Felli, M.; Pereira, F.; Aloisio, G.; Di Marco, A.: Statistical properties of wall pressure fluctuations over a forward-facing step. *Physics of Fluids* 20, 075113, 2008.
- [13] Springer, M.: Fluid-Structure-Acoustics Interaction of Turbulent Wall-Bounded Flows. Dissertation, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), 2018.
- [14] Henke, Ch.: Flow noise in planar sonar applications. *Journal of Fluids and Structures* 78, pp. 263–276, 2018.
- [15] Wachter, F.; Metelkin, A.; Jovanović, J.; Praß, J.; Becker, S.: Numerical investigation of the effect of convex transverse curvature and concave grooves on the turbulent boundary layer along a cylinder in axial flow. *International Journal of Heat and Fluid Flow* 92, Art.Nr.: 108855, 2021. ■

## Literatur

**Dr. Jan Abshagen**  
Wehrtechnische  
Dienststelle für  
Schiffe und Mari-  
newaffen, Maritime  
Technologie und  
Forschung (WTD  
71), Kiel

**Dr. Ivor Nissen**  
Wehrtechnische  
Dienststelle für  
Schiffe und Mari-  
newaffen, Maritime  
Technologie und  
Forschung (WTD  
71), Kiel

- [1] Urick, R. J.: *Principles of Underwater Sound* (2nd ed.). McGraw-Hill, New York, 1975.
- [2] Medwin, H.; Clay, C. S.: *Fundamentals of Acoustical Oceanography*. Academic Press, San Diego, 1998.
- [3] Abshagen, J.: Wasserschallmessungen. In: M. Möser. (Hrsg.), *Fachwissen Technische Akustik*, Springer, 2018.
- [4] Ciappi, E.; De Rosa, S.; Franco, F.; Guyader, J. L.; Hambric, S. A.; Chi Kin Leung, R.; Hanford, A. D. (Hrsg.): *Flinovia – Flow Induced Noise and Vibration Issues and Aspects II*. Springer, Cham, 2019.
- [5] Nissen, I.: Wer hat die Gertrude erfunden? *WTD71-Report*. 2016.
- [6] <https://www.researchgate.net/project/Lecture-Notes-for-Underwater-Communication>  
(Filmmaterial UWC-Lecture-0{4,5} D{04,20}a {TimeEvolution, DelayDoppler} HYD{1,128} BPSK PN1 {Surface,Bottom} Data beschrieben auf Seite 109/161 im ersten Teil der Vorlesung „Adaptive Systems for Mobile Underwater Communications with a P(oste)riori Channel Knowledge, Lecture Notes, first part“)
- [7] Kochanska, I.; Nissen, I.; Marszal, J.: A method for testing the wide-sense stationary uncorrelated scattering assumption fulfillment for an underwater acoustic channel. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 143. EL116-EL120. 10.1121/1.5023834. 2018.
- [8] Carey, W. M.; Evans, R. B.: *Ocean Ambient Noise: Measurement and Theory*, Springer, New York, 2011.
- [9] Abshagen, J.; Nejedl, V.: Towed body measurements of flow noise from a turbulent boundary layer under sea conditions. *J. Acoust. Soc. Am.* 135, pp. 637–645, 2014.
- [10] Abshagen, J.; Küter, D.; Nejedl, V.: Turbulent flow noise generation under sea conditions. In: E. Ciappi, S. De Rosa,

# Fragen zur Ethik in der Akustik

Interview mit Monika Gatt

**Zwar sind ethische Fragestellungen im Zusammenhang mit Corona prominenter geworden, weniger bewusst ist aber, dass es sie in vielen Bereichen gibt, auch in der Akustik. Frau Dr. Monika Gatt forscht und lehrt in diesem sehr interdisziplinären Bereich. In diesem Interview gibt sie einen Einblick, warum wir uns mehr mit ethischen Fragen befassen sollten.**

**Akustik Journal: Die Komplexität von Entscheidungsprozessen nimmt zu. Die Technik erweitert den Handlungsspielraum, ist aber zugleich Ursache vieler kontroverser Probleme.**

**In vielen Bereichen suchen die Menschen eine Orientierung in ihrem Handeln: in der Politik, der Wirtschaft, der Wissenschaft, ebenso in alltäglichen Lebenssituationen. Immer mehr erhoffen die Menschen, eine Orientierung in der Ethik zu finden.**

**Was ist Ethik überhaupt? Welche Fragen werden in der Ethik beantwortet?**

Monika Gatt: Ethik ist die Wissenschaft vom Menschen und seinen moralischen Verhaltensweisen. Die philosophische Ethik beantwortet die Frage: „Was soll ich tun?“, menschliches Fragen nach dem angemessenen Umgang mit sich selbst, sowie mit der Um- und Mitwelt. Ethische Richtlinien sollen nachhaltig sein.

**Wie gewinnt man die Orientierung durch Ethik?**

Orientierung gewinnen wir in zweifacher Weise. Auf der einen Seite haben wir die allgemeinen Richtlinien zur Ethik und Moral zur Kenntnis zu nehmen und diese auf uns zu beziehen. Das bedeutet, Distanz zu sich selbst und den eigenen Bedürfnissen zu bekommen. Eine Gesellschaft, eine Demokratie kann und muss nicht das Bedürfnis einer jeden einzelnen Person zu 100 Prozent erfüllen. Es werden Kompromisse gefunden und das stabilisiert die Demokratie und das soziale Miteinander. Hierfür haben wir Gremien, Kommissionen und Ethikräte. Und wir haben auf der anderen Seite natürlich den subjektiven Teil, die subjektive Wahrnehmung. Jeder Mensch empfindet Höreindrücke anders. Wer, zudem, ständig abgelenkt wird von Lärm und von äußeren Eindrücken oder von Beobachtung, von Eingriffen in die Privatsphäre, der entfernt sich von sich selbst und trifft möglicherweise

## Questions about ethics in acoustics

**While ethical issues have become more prominent in relation to corona, there is less awareness that they exist in many fields, including acoustics. Dr Monika Gatt researches and teaches in this very interdisciplinary field. In this interview, she gives an insight into why we should be more concerned with ethical issues.**

unvernünftige Entscheidungen. Ethik ist Selbsterfahrung, Technik hingegen ist Fremderfahrung.

## Welche Ansätze bietet die Ethik dazu?

Wir unterscheiden in der Regel einen wissenschaftlichen und einen lebensweltlichen Ansatz, also betrachten und definieren wir zunächst die Herangehensweise an unser Problem. Wir unterscheiden darüber hinaus die Ethik von Moral und von Gewohnheit. Unterschieden werden weitere drei Aspekte: Wir können, erstens, auf die handelnde Person schauen, zweitens, die Handlung selbst betrachten und drittens, auf die Folgen einer Handlung, ein fertiges Produkt, schauen. Wenn wir die handelnde Person ethisch bewerten möchten, greifen wir beispielsweise auf Pflichtbewusstsein, Tugenden und Verantwortung zurück. Moralisches Verhalten wird eingeübt. Wie gehen wir mit unseren Freiheiten um, halten wir uns an Normen und Regeln? Sind wir als Menschen, als Kolleg:innen fair, gerecht und gastfreundschaftlich?

Handlungen selbst betrachten wir, wenn wir den Weg im Sinne eines Verfahrens ins Zentrum stellen. Und natürlich gehört zu den Konsequenzen, dem dritten Aspekt, der ganze Bereich der Technikfolgenabschätzung. Vorhersehbare, oft negative Folgen sind in den Prozess zu integrieren, und insofern ist Schaden möglichst zu vermeiden.

Es ist insgesamt wichtig, vorher zu überlegen, welche Frage wir im Ziel beantwortet haben möchten, danach suchen wir den passenden Ansatz: Interessiert uns Ethik hinsichtlich von allgemeinen Normen in der Akustik oder möchten wir über moralisches Verhalten oder Gewohnheiten sprechen. Die Ansätze sind wissenschaftlich unterschiedlich, aber im Lebensalltag oder auch im Forschungs- und Lehralltag haben sie natürlich miteinander zu tun.

**Getroffene Entscheidungen werden oft mit ethischen Grundsätzen begründet oder sogar beworben. Kann die Ethik auch**

### **missbräuchlich herangezogen werden?**

Von ihrem Wesen heraus nicht, weil Ethik vom Menschen ausgeht. Dessen Würde, dessen Wissen und dessen Erkenntnis ist unantastbar, daran muss man festhalten. Aber natürlich können mit Ethik und Moralvorstellungen Handlungen nachträglich begründet werden oder Richtlinien hergeleitet werden. Das ist mit jedem Wissen so, und das ist natürlich auch bei der Ethik so.

**Im Kontext mit der Umweltbelastung stehen sich Interessen oder auch Bedürfnisse verschiedener Gruppen gegenüber. Die Gruppenzugehörigkeit (Lärmverursachende vs. Betroffene) kann – auch auf eine Person bezogen – durchaus variieren. Im Bereich der Akustik ist der Lärm das Umweltproblem, vor allem der Verkehrslärm. Hier sind die Menschen zum großen Teil (direkte oder indirekte) Verantwortliche wie Betroffene. Hierheraus lässt sich vielleicht die Duldsamkeit erklären, dass Lärmrichtlinien in dem Bereich nicht stringent nach wissenschaftlichen Erkenntnissen festgelegt und konsequent angewandt werden.**

**Wieweit ist es in diesem Zusammenhang ethisch zu vertreten, dass ein Lärmpegel, bei dem „nur“ ein gewisser Prozentsatz der Betroffenen sich erheblich gestört fühlt, als Grenze festgelegt wird?**

„Gestört fühlen“ ist eine relativ weiche Aussage zu einer Sache. Es geht darum, den objektiven Wert der Aussage zu ermitteln und in welcher Weise die Störung stattfindet. Ist es ein subjektives Empfinden? Oder lassen sich Störfaktoren objektiv nachweisen, wie eine gesundheitliche Beeinträchtigung oder eine gestörte Flora und Fauna? Das müsste man zuvor klar definieren, um einer kleinen Gruppe diesen Richtwert zuzugestehen.

**Welche Vorsorge und materiellen Anstrengungen (Lärmschutz etc.) dürfen die so Betroffenen erwarten, um die starke Belästigung zu mindern? Wo und wann kann der Staat sagen: „Das ist genug!“?**

Die vernünftige Entscheidung ist immer eine philosophische Entscheidung, die philosophische Entscheidung wiederum eine vernünftige Entscheidung. Wir können nicht erwarten, dass Einzelinteressen zum Mittelpunkt einer größeren Gruppe werden. Man muss davon ausgehen, dass eine gewisse Toleranz erwartet werden darf, jedem gegenüber. Das Problem haben wir auch beim Rauchen, auf dem Nachbarbalkon oder im Garten drunter. Es ist selten

überraschend, dass der Lärm von einem Moment auf den anderen kommt. Wer das weiß, orientiert sich danach und findet für sich zuvor vielleicht alternative Lösungen.

Insgesamt ist es so, dass der Staat die Aufgabe hat, die Interessen aller zu vertreten, von Staatsseite her und nicht die von betroffenen Gruppen. Für Betroffene gibt es in der Regel kleinere Kreise und Möglichkeiten sich auszutauschen und sich zu organisieren. Lassen wir hier offen, ob das gleich Staatsache sein muss in einer Demokratie.

**Welche Anstrengungen (Ausbildung und Einstellung von Fachleuten, Beschaffung geeigneter Gerätschaften, etc.) sind vom Staat zu erwarten, damit Ämter und Behörden in der Lage sind, den Anforderungen bedarfsgerecht nachkommen zu können?**

Was kann man erwarten? Das ist in erster Linie eine politische Frage, in welchem Umfang finanzielle Mittel zu einem Zeitpunkt x zur Verfügung stehen. Die Einstellung von Fachleuten wird ebenfalls geplant werden müssen, die Fachleute muss es zudem erst geben. Sie müssen die entsprechende Ausbildung erfolgreich absolviert haben und zum Zeitpunkt x zur Verfügung stehen. Also von jetzt auf gleich sehe ich da nur sehr wenige Möglichkeiten. Wir hatten bereits gesagt, dass sich Ethik durch Nachhaltigkeit auszeichnet.

Insgesamt wünscht man sich als Bürger:in natürlich oder erwartet sogar, dass die zuständigen Ämter die notwendigen Kapazitäten haben, personell und sachlich materiell, um ihre Aufgabe 100 Prozent oder so gut wie möglich auszuführen. Aber das Beispiel Covid hat gezeigt, wie viel zusätzliche Unterstützung die Gesundheitsämter und auch die Impfzentren und Stationen gebraucht haben, von weiteren Fachkräften aus dem medizinischen Bereich und von den Streitkräften. Wie gesagt, von jetzt auf gleich geht es sicher nicht. Man hofft natürlich, dass die Ämter entsprechend gut ausgestattet sind, muss aber insgesamt abwägen, so dass die Interessen aller im Staat bedacht werden. Die vernünftige Entscheidung muss im Mittelpunkt stehen und sie erfordert in gewisser Weise Verzicht und natürlich Toleranz, Solidarität und auch Fairness. In der Ethik gelten ähnliche Regeln wie im Ingenieurwesen: Wer eine ethisch vernünftige Entscheidung herbeiführen will, muss die Philosophie dahinter verstanden haben. Wer im Ingenieurwesen, in der Akustik solide und einwandfreie Produkte konzipieren möchte, muss die Mathematik dahinter verstanden haben.

**Welches Engagement kann von Behörden erwartet werden, um den Betroffenen**

## **bei der Bewältigung ihres Lärmproblems zu helfen?**

**Oft werden kleinste Unterschreitungen von Grenzwerten zum Anlass genommen, die Sache nicht weiter zu verfolgen, selbst wenn die Belästigung nachvollziehbar ist.**

Die Frage nach dem Engagement kann man persönlich und/oder fachlich beantworten. Wenn es so ist, dass ein bestimmter Grenzwert unterschritten wird, ist es eine rechtliche Situation und an die entsprechenden Normen und Gesetze muss man sich halten. Aber das hindert niemanden daran, sich dennoch zu engagieren. Ich nehme an, dass Behörden und deren Vertreter:innen an ihre Vorgaben gebunden sind und von daher, wenn der Grenzwert nicht erreicht wird, auch nicht mehr tätig werden können.

Aus Sicht von Ethik und Moral sind Belästigungen grundsätzlich nachvollziehbar. So definieren wir ja Freiheit. Meine Freiheit hört da auf, wo sie die Freiheit eines anderen Menschen eingrenzt. Das ist natürlich das Kernproblem jeder Gesellschaft. Die einen mit den Autos oder Motorrädern wollen schnell, sportlich und laut fahren und das ist anderen dann zu laut. Es wird auf beiden Seiten gearbeitet werden müssen. Die Einsicht auf der Seite der Lärmverursachenden muss geübt werden, damit sie in der konkreten Situation dann ausgeführt und angewandt werden kann.

**Weniger flächendeckend und (noch) eher punktuell ist die vermeintliche Belästigung durch Windenergieanlagen. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse hierzu sind noch nicht so gefestigt wie die zum Verkehrslärm. Der spezielle Charakter des von Windenergieanlagen emittierten Geräusches führt bei scheinbar nicht wenigen Betroffenen selbst bei eher geringen Pegeln zu (für die Betroffenen) nicht akzeptablen Belästigungen. Da es sich der vorherrschenden Auffassung nach bei den Windenergieanlagen um eine im großen Ausmaß unverzichtbare Technik zur Bewältigung der Klimakrise handelt, stellt sich die Frage:**

**Welche Belästigungen/Beeinträchtigungen bedingt durch Lärm von Windenergieanlagen sind Menschen zum Wohl der Umwelt/der Allgemeinheit/ der Menschheit zuzumuten?**

Soweit ich informiert bin, sind Windkraftanlagen vom Lärm her gesehen relativ leise. Aber ich kann mich täuschen. Da sind andere besser beraten und wissen davon mehr. Grundsätzlich ist es natürlich so: Wenn wir konservativ und die Natur schützend denken, dann sind wir verantwortungsethisch aufgestellt

und müssen den Lärm von Windkraftanlagen vergleichen mit der Lärmbelästigung durch Autobahnen. Der Umstieg auf Windkraftanlagen bedeutet den Umstieg auf erneuerbare Energien, verbunden mit einem hohen Konfliktpotenzial. Der Hintergrund ist die Fähigkeit des Menschen, in unterschiedlichen Situationen unterschiedliche Positionen zur Ethik einzunehmen, zum gleichen Gegenstand. Ein gutes Beispiel hierfür ist auch unsere Beziehung zur Straßenverkehrsordnung. Wenn wir mit dem Auto unterwegs sind, halten wir uns konsequent an rote Ampeln und Geschwindigkeitsbegrenzungen in Wohnvierteln. Auf dem Fahrrad sind wir auch mal schneller als erlaubt unterwegs, rote Ampeln manchmal nicht bindend. Das haben wir ebenfalls bei der Typologie von Hörer:innen kennengelernt. Von daher muss man politisch aufklärend arbeiten, worin der Gewinn von Windkraftanlagen besteht. Dass es hilfreich ist, der Natur in dieser Weise konservativ entgegenzukommen, um den Planeten für die kommenden Generationen noch bewohnbar zu machen. Da sollte man, da muss man aufklären und das Gespräch in Gremien umfassend suchen und in Sitzungen und Räten immer wieder darauf aufmerksam machen. Desgleichen in Universitäten.

## **Wie können die vorliegenden Konflikte aufgelöst werden?**

Durch Aufklärung, durch Transparenz in jeder Hinsicht. Es muss beispielsweise transparent werden, wie viel Schadstoffausstoß durch das Training von sprachsensibler Software entsteht oder auch z.B. durch Google entsteht. Diese ganzen Vorgänge müssen insgesamt sehr viel transparenter werden, für alle Student:innen und Bürger:innen einsehbar, damit man sich nachhaltig ethisch positionieren kann. Wir brauchen Objektivität und Wahrheit. Die Politik ist hier gefragt, und zwar nicht nur die regionale, sondern europaweit und auch global. Die Natur macht an Landesgrenzen nicht Halt. Das heißt, die Politik muss sich hier zu klaren Lösungen zusammenfinden und über Sanktionen und Gesetze diese dann auch durchsetzen.

**Nicht nur bezüglich der Windenergieanlagen, sondern allgemein bei der Einführung einer neuen Technik wurden und werden die Folgen beim Einsatz dieser Technik bezüglich der Umweltbelastung und hier speziell des Lärms oft nicht weitergehend ergründet. Richtlinien werden oft gerade erfüllt und deren Schwachpunkte gezielt ausgenutzt. Hier stellt sich die Frage: Kann die Ethik Orientierung bei der Entwicklung von Technik geben?**

Diese Frage möchte ich klar mit ja beantworten.

Interdisziplinär zusammenarbeiten von Anfang an, nicht nur Technik um der Technik willen, im Sinne des „technischen Imperativs“, sondern Technik gemeinsam mit Ethik entwickeln. Dennoch ist es so, dass Technik auf ihrem aktuellen Stand ist, und was Technik im Moment nicht leisten kann, das kann sie auch nicht leisten. Aber man kann Technik in eine bestimmte Richtung, in die ethisch nachhaltige Richtung weiterentwickeln. Die Geräuschbelästigung zu reduzieren ist in jedem Falle der richtige Schritt. Und der Wunsch vieler Menschen, ungestört ohne Lärmbelästigung zu leben, steht auch im Mittelpunkt von vielen politischen Auseinandersetzungen. Da wird die Ethik gemeinsam mit der Technik gut synthetisieren können.

### **Wovon soll sich der Entwickler eines potenziell lärmenden technischen Produktes lenken lassen?**

Ich möchte Pi mal Daumen pauschal sagen: So leise wie möglich und so ressourcenschonend wie irgendwie möglich und so verantwortungsbewusst wie möglich. Also ein Produkt entwickeln, das dauerhaft gut arbeitet, keinen zusätzlichen Müll verursacht, die Ressourcen in der Verwendung schont und vor allen Dingen nachhaltig ist. Nicht nur bis übermorgen zufriedenstellend funktioniert, und dann muss man das Gerät austauschen, weil es zu laut ist. Von vornherein ist die Dauer mit einzubeziehen und zu gewährleisten, in der das Gerät leise funktioniert. Das ist Nachhaltigkeit.

### **Wie ist der Anspruch hinsichtlich des potenziellen Nutzers des Produktes z. B. auf eine wirtschaftliche Lösung gegenüber dem Anspruch vermeintlich Betroffener auf Ruhe einzuschätzen?**

Die Frage nach dem Anspruch hinsichtlich des potenziellen Nutzers und die wirtschaftliche Lösung. Es gibt den „ökonomischen Imperativ“, ebenso die goldene Regel „Wer das Gold hat, macht die Regeln“, aber so einfach ist es dann doch wiederum nicht. Natürlich kauft man sich ein bestimmtes Produkt und erwirbt damit auch bestimmte Ansprüche. Aber wie gesagt, wir definieren den Menschen über die Würde und seine Würde ist die Freiheit. Meine Freiheit hört jedoch da auf, wo ich die Freiheit eines anderen Menschen einschränke. Ich würde als Käuferin erwarten, dass der Produktentwickler diejenige Lösung gefunden hat, die auch am leisesten ist. Ich würde sehr erschreckt reagieren als Käuferin, wenn die Lautstärke in übertriebenem Maße eventuell sogar angehoben worden wäre. Natürlich ist es ein Problem bei Elektroautos, das weiß ich.

### **Eine ähnliche Frage stellt sich bei der Entwicklung von Richtlinien zum Schutz vor Lärm. Von welchen Zielen sollten sich die damit Betroffenen leiten lassen?**

Ich möchte darauf antworten, diese Norm so nachhaltig und verantwortungsbewusst wie möglich zu formulieren. Das Ziel ist der Frieden, das friedliche gesellschaftliche Miteinander. Keine Produkte entwickeln, von denen man genau weiß, dass sie zu Konflikten führen. Autos, wenn sie zu laut sind, Laubbläser, wenn sie zu laut sind, können das Wohlbefinden einer größeren Gruppe beeinträchtigen. Solcher Schall, den man selbst vielleicht gar nicht wahrnimmt oder als Lärm empfindet, stört die Betroffenen, reduziert deren Lebensqualität und macht im schlimmsten Fall krank. Wenn man sich von diesem Ziel des friedlichen gesellschaftlichen Miteinanders, des vernünftigen Miteinanders lenken und führen lässt, ist man auf der sicheren Seite.

### **Kann oder muss bei der Normengebung auf die Berücksichtigung neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse bestanden werden?**

Da würde ich sagen, nicht unbedingt, weil neu heißt nicht unbedingt besser. Wenn die neuesten die besten sind, dann natürlich schon. Ich denke, die Besten sollten bedacht werden.

### **Wie weit kann den Behörden ein erhöhter Aufwand bei der Anwendung und Durchsetzung von Richtlinien abverlangt werden? Muss nicht das Wohl der Bevölkerung im Vordergrund stehen?**

Die Frage nach den Behörden ist schwierig, weil nicht ganz klar ist, wie dieser erhöhte Aufwand abgefangen werden kann. Wenn mehr Personal zur Verfügung stehen muss oder sollte, dann muss das zum einen qualifiziert sein und die finanziellen Mittel müssen zum anderen zur Verfügung stehen. Auch hier wieder das große ethische Anliegen, nachhaltig und über eine Legislaturperiode hinaus an den Menschen und seine Würde zu denken. Es ist ethisch sinnvoll, in diese Richtung weiterzuarbeiten.

Insgesamt steht natürlich das Wohl der Bevölkerung immer im Mittelpunkt, denn wir haben diese Behörden, damit sie uns vertreten. Sonst brauchen wir die Behörden nicht.

### **Die Wirtschaft kann oder will nur solche Erkenntnisse bei der Entwicklung und dem Einsatz von technischen Geräten und Anlagen berücksichtigen, die die Wissenschaft als belastbar erarbeitet hat. Ist die Wissenschaft auch ohne unmittelba-**

## re Förderung aufgerufen, in Fragen zur Lärmproblematik weitere Erkenntnisse zu schaffen? Oder ist die Politik verpflichtet, die Wissenschaft aufzufordern und zu fördern, offene Fragen zu definieren und ihnen nachzugehen?

Die Wissenschaft ist frei, es gibt eine akademische Freiheit und insofern arbeitet die Wissenschaft natürlich auch autonom. Ob die Politik der Wissenschaft verpflichtet ist, müsste separat diskutiert werden. Aus Sicht der Wissenschaftler:innen möchte ich auf der Freiheit beharren. Aber ich gehe davon aus, dass die Problematik weiter und vertieft erforscht werden muss. Schon weil der Mensch im Mittelpunkt der Betrachtung steht.

## Ethische Fragestellungen spielen bisher in der technisch-naturwissenschaftlichen Ausbildung kaum eine Rolle. Sollte oder muss die Ethik in der Ausbildung zu technischen und naturwissenschaftlichen Berufen eine verstärkte Rolle spielen? Wahrscheinlich ist das in anderen Ausbildungsbereichen (Medizin, Psychologie etc.) schon eher Standard.

Es ist (leider noch) nicht Standard, dass Ethik in anderen Fakultäten bereits gelehrt wird. Ganz im Gegenteil. Es wird eher folgendes Vorgehen vermittelt: Wird ein ethisches Problem erkannt, wird eine Kommission, eine Ethikkommission angerufen. Dort wird das Problem bedacht, begutachtet und werden letztlich die Folgen akzeptiert, oder nicht. Damit ist aber die Ethik noch nicht im Lehrbetrieb verankert. Das sollte aber angegangen werden und es sollte üblich werden. Und zwar nicht nur in einem Semester einen Ethikkurs besuchen. Das reicht nicht mehr. Der Hintergrund hierzu ist zweifach. Erstens ist die (philosophische Wissenschaft der) Ethik ein umfassendes Lehrgebiet. Es ist ein Studium, ein eigener Beruf. Von daher sollte Ethik interdisziplinär und übergreifend das gesamte Studium parallel gelehrt werden, möglichst mit zwei Semester-Wochenstunden. Und das zweite ist, dass die Technik sich sehr, sehr schnell weiterentwickelt. Wer heute einen technischen Beruf ergreift, ist mit einer Vielzahl von ethischen Herausforderungen konfrontiert. Derzeit geht es oft um Crawlers und Bots im Finanzsektor und künstliche Intelligenz bei der Pflege. Man schließt den Master vielleicht in fünf, sechs, sieben Jahren ab. Da finden wir wahrscheinlich ganz andere Probleme vor.

## Wie könnten die Inhalte einer solchen Vorlesung aussehen?

Ich schlage vor, die Lehre der Ethik in den gesamten Studienverlauf zu integrieren und auch den jungen

Leuten zu ermöglichen, diese Kurse mit Credits zu besuchen. Gerade in den technischen Berufen gibt es wenig Lehrveranstaltungen während der Ausbildung, wo wissenschaftlicher Austausch und gute Gespräche möglich sind. Viele meiner Studierenden sprechen vom „Kampfrechnen“ und sie sind glücklich, wenn sie die Möglichkeit haben, sich fachlich über ihre Problematiken in ethisch-moralischer Hinsicht auszutauschen. Von daher kommt mein Vorschlag, zwei Wochenstunden im Semester anzubieten. Das kann ein Block sein, das kann eine wöchentliche Veranstaltung sein. Es können Gäste aus der Philosophie, Industrie, Wirtschaft und Wissenschaft eingeladen werden, es können Exkursionen unternommen werden.

Die Inhalte der Vorlesung haben begrifflichen Charakter, haben geschichtlichen Charakter und haben einen anwendungsbezogenen Charakter. Das heißt, wir fangen an, indem wir die Begriffe der Ethik zunächst kennenlernen und dann auch definieren. Dazu gehört der Begriff des Menschen. Was ist Leben? Woher kommt dieser Begriff? Leben, BIOS, aus dem Griechischen. Was ist Lebensphilosophie? Was ist Vernunft und woran erkenne ich eine vernünftige Entscheidung? Wie entscheide ich vernünftig? Was ist ein Wunsch? Was ist ein Wille? Was ist der Verstand? Worin bestehen meine beruflichen Pflichten, wie werde ich ein tugendhafter Mensch? Da sollte eine Übersicht angeboten werden. Diese zentralen ethischen Begriffe lernen wir kennen, damit wir uns orientieren können, worum es überhaupt geht. Viele Menschen sprechen über Verantwortung und Verantwortungsethik, aber wie übernehme ich Verantwortung, wofür und wo sind meine Grenzen? Wichtig ist, den Menschen, weil er lebt, von der Technik abzugrenzen, weil sie nicht lebt.

Auf diesen Begriffen bauen Lehren und Theorien auf. Wir brauchen ebenfalls geschichtliche Aspekte. Es ist wichtig zu verstehen, wie diese ethischen Begriffe entstanden sind und warum sie entstanden sind. Welche Fragen haben in der Gesellschaft vorgelegen, so dass sich Ethik entwickelte und die Philosophie dazu gekommen ist, den Menschen als vernunftbegabtes Lebewesen zu definieren. Wie schon gesagt: Wenn man sich ethisch treffend im 21. Jahrhundert positionieren will, ein ethisches Problem lösen will, muss man die Philosophie dahinter verstanden haben. Es ist im Ingenieurwesen so, in der Akustik so. Wer im Ingenieurwesen aktiv werden möchte, muss die Mathematik dahinter verstanden haben. Sonst findet man keine nachhaltigen und sinnvollen Lösungen. Ebenso muss das Anwenden der ethischen Theorien auf konkrete technische Sachverhalte eingebütt und verstanden sein. Begriffe definieren und dann üben, üben und üben. Was ist ein Wille erster Ordnung? Was ist ein Wille zweiter Ordnung? Man

muss das in seinen Sprachgebrauch einarbeiten, um sich der Wirklichkeit oder der Technik gegenüber zu positionieren. Wir diskutieren Wissenschaftsethik und Wirtschaftsethik, wir diskutieren über Technikfolgenabschätzung. Man kann diese Diskussionen wissenschaftlich führen, man kann sie moralisch führen, man kann sie auch politisch führen. Aber damit man sie überhaupt führen kann, muss man wissen, was die Begriffe der Ethik bedeuten. Bin ich an der Uni, im Seminar oder bin ich bei der Vorstellung? Bin ich am Arbeitsplatz? Die Voraussetzungen für die Diskussionen ändern sich.

Wer richtig verstanden hat, was subjektive Zugänge zur Ethik sind und wie man Objektivität erreicht, der kann das auch anwenden. Wir haben hier Lösungen, die eingeübt werden müssen. Sodann wendet man sich konkret den Problemen in der Akustik zu und findet tiefgehende und nachhaltige Ansatzpunkte, auch im Kontext von Windkraftanlagen. Wir können nicht erwarten, dass wir die Probleme ad hoc lösen, es wird Zeit brauchen und zu Konflikten und Auseinandersetzungen führen. Ziel bleibt stets das friedliche, gesunde gesellschaftliche Miteinander, das die Verantwortung füreinander und voreinander einfordert und auf der Basis von einem Dialog stattfindet.

**Sollte bei der Einstellung von Personal mehr auf solche Kompetenzen geachtet werden oder sollten solche Kompetenzen zumindest geachtet werden? Bisher hat ein Fach wie Ethik eher den Ruf eines „Orchideenfaches“.**

Die Frage nach den Kompetenzen. Ja, natürlich möchte ich das vorschlagen oder sogar einfordern. Wer eingestellt wird an der Universität oder in einem Betrieb, sollte moralisch ethische Voraussetzungen mitbringen. Die Person, insbesondere Führungspersonal, sollte sich klar ethisch positionieren. Inwieweit kann ich als Ingenieur:in Verantwortung übernehmen? Wir können in der Ingenieurakustik nicht für alles Verantwortung übernehmen, sondern können uns positionieren und abgrenzen. Es gibt Situationen im Ingenieurwesen, da werden einem die Sachen und Probleme auf den Schreibtisch gelegt. Es sind aber gar nicht unsere Probleme. Aber den Mut, nein zu sagen, muss man gelernt haben. Wie sehen die ingenieurwissenschaftlichen Herausforderungen im Bereich von Ethik und Moral aus und welche Probleme legt man auf andere Schreibtische (zurück), weil die Probleme bei Anderen verursacht wurden und gelöst werden müssen. Es gibt politische, es gibt technische Probleme. Nur manches sind Probleme von Ingenieur:innen, die diese dann kennen müssen. Darauf zu achten, dass jemand die Wege zu Ethikräten und Ethikkommissionen kennt, halte ich für

dringend notwendig.

Noch einmal zusammenfassend zu den Vorlesungen. Ich möchte sehr darauf achten, dass die Studierenden zunächst – das kann auch überfakultativ sein – die Grundlagen erhalten zu einer ethischen Debatte. Ethik ist erst einmal für alle gleich, egal ob es Medizinstudent:innen, Ingenieur:innen oder Physiker:innen sind. Ethik ist Ethik. Später sollte man sich spezialisieren. Veranstaltungen zu Grundlagen der Ethik können übergreifend abgehalten werden, sie sind interdisziplinär. Einzelne Beispiele werden diskutiert. Aber dann müsste sich die Ethik spezialisieren und in den Bereich der Akustik, Lärmschutz, Schall, Windkraftanlagen etc. gehen. ■

*Das Interview mit Dr. phil. Monika Gatt führte der Chefredakteur des Akustik Journals, Prof. Dr.-Ing. Detlef Krahé, durch.*



**Dr. phil. Monika Gatt**

Philosophin, lehrt seit 2010 interdisziplinär zu Ethik und Naturphilosophie u. a. an der Universität der Bundeswehr in Neubiberg, an der Helmut-Schmidt-Universität in Hamburg und an der TH Ingolstadt. Seit 2015 arbeitet sie an der Fakultät für Maschinenwesen der TU München.

# Ehrungen der DEGA

## Preisträgerinnen und Preisträger 2022

Die DEGA verleiht zur Eröffnung der Jahrestagung DAGA 2022 die folgenden Preise:

- die **Helmholtz-Medaille** an *Prof. Dr. Jürgen Hellbrück* für seine herausragenden Beiträge in der psychologischen Akustik,
- den **Lothar-Cremer-Preis** an *Dr.-Ing. Christian Adams* für seine wegweisenden Arbeiten auf dem Gebiet der Maschinenakustik,
- zwei **DEGA-Studienpreise** an *M. Sc. Wiebke Middelberg* für ihre Masterarbeit „GSC-Based Noise and Interferer Reduction for Binaural Hearing Aids Exploiting External Microphones“ an der C.-v.-O.-Universität Oldenburg, und an *B. Sc. Nils Rummel* für seine Bachelor-Arbeit „Comparison of Multi-Exponential Decay Constant Estimation Methods“ an der RWTH Aachen.

Die Preisverleihungen finden während der Eröffnung der DAGA 2022 am Dienstag, den **22. März 2022** um **9:00 Uhr** im **Saal 47-01** der **Universität Stuttgart** (bzw. online)

statt.  
Ausführliche Informationen zu den Preisträgerinnen und Preisträgern und ihren DAGA-Vorträgen finden Sie im Tagungsprogramm der DAGA 2022. ■

.....

## Schallschutz- und Akustiklösungen weltweit

**iac acoustics**  
making the world a quieter place



für Medizin und Gesundheit, Testeinrichtungen für die Industrie, Gebäudeakustik, Studios

[deutschland@iac-gmbh.de](mailto:deutschland@iac-gmbh.de)  
[www.iac-gmbh.de](http://www.iac-gmbh.de)

# Menschen

## Ehrungen, Gratulationen und Nachrufe

### ■ Rayleigh Medal 2021 für Prof. Michael Vorländer



Die Rayleigh-Medaille ist die höchste Auszeichnung des Britischen Institute of Acoustics (IOA). Im Jahr 2021 wurde diese an Prof. Dr. rer. nat. Michael Vorländer verliehen.

Michael Vorländer leitet seit 1996 das Institut für Hörtechnik und Akustik an der RWTH Aachen, und er war u. a. Präsident der International Commission for Acoustics (ICA), der European Acoustics Association (EAA) und der DEGA. Er ist damit bereits das fünfte DEGA-Mitglied, das mit dieser hohen Auszeichnung geehrt wird. Bisher wurden folgende DEGA-Mitglieder mit der Rayleigh-Medaille ausgezeichnet: Manfred Schroeder (1987), Manfred Heckl (1991), Hugo Fastl (2003), Heinrich Kuttruff (2005), Michael Vorländer (2021).

Die Laudatio wurde gehalten vom Präsidenten des IOA, Stephen Turner: Professor Michael Vorländer is a full professor in the Faculty of Electrical Engineering and Information Technology at the Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen University – a top technical university in Germany. Before joining Aachen University in 1996 he was a Research Officer at the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig (an equivalent to the National Physical Laboratory in the UK).

Interdisciplinarity and a broad interest in acoustics were always specific to Professor Vorländer's work. Since joining RWTH he has been driving research and education in acoustics with significant contributions in acoustic measurement techniques, room acoustic simulation, bi-

natural technology, and Acoustics Virtual Reality – an emerging field in which he was one of the founders from the beginning. This new field required an extension of interdisciplinarity towards digital audio technology and 3D sound. More specifically, Professor Vorländer's contribution to acoustics has been outstanding in the following three areas: (i) The development of new science; (ii) providing high quality education; and (iii) community building and professional support. Professor Vorländer leads the Institute of Technical Acoustics in Aachen which is a world-class organisation founded in 1963. The Institute carries out high quality research into acoustic measurement and simulation technology. Professor Vorländer is a world-leading figure in these areas of research publishing his work prolifically in top acoustical journals and in the proceedings of international conferences.

Professor Vorländer's impact in terms of providing acoustics related education has been huge. Since becoming a full professor at Aachen University he has lectured acoustics to and graduated almost 4000 MSc and undergraduate students. He has led 38 PhD students to successful completion. Many of these PhD students have become academics at top universities worldwide or set up their own businesses related to acoustics.

In terms of acoustics community building and professional support he has a high profile. His CV presents a long list of various roles and commitments he has undertaken during his active career. Professor Vorländer has dedicated a considerable proportion of his life to work within professional societies, organising conferences and supporting editorial boards of top international journals in acoustics. He has been an active member of the German Acoustical Society, the European Acoustical Association, the Acoustical Society of America and the International Commission on Acoustics. His level of participation in these societies and professional bodies was instrumental in developing a clear vision and strategy for the future of the acoustics research community and beyond. His contribution to the organisation of the International Year of Sound 2020/2021 has been immense. He has played a highly active role in organising every important international conference including the tri-annual International Congress on Acoustics, the Forum Acusticum, meetings of the Acoustical Society of America and several other international events. Over the years, these meetings have attracted tens of thousands of participants and enabled the acoustics community to exchange knowledge, identify challenges in acoustics and develop collaborative research to address those challenges.

Professor Vorländer has also worked closely with the UK Institute of Acoustics and UK Acoustics Network. This work has facilitated the establishment of close international collaboration between Early Career Research groups. This work is ongoing and is developing rapidly and is essential to the sustainability and competitiveness of acoustics related research, particularly in Europe. He has also contributed significantly to the Acoustical Society of America's Committee on International Research and Education which aims to support early career researchers from developing countries. In summary, Professor Vorländer's contribution to acoustics has been outstanding in terms of its reach and significance. The impact of his research, teaching and professional support in general has been greatly valued by the acoustics community worldwide. Professor Vorländer is a highly intellectual but yet a modest and approachable person. His communication skills are excellent and he has used them wisely to promote acoustics as a key discipline globally. The Institute of Acoustics is delighted to award Professor Vorländer its most prestigious award, the 2021 Rayleigh Medal in recognition of his outstanding work.

## ■ Nachruf Dr.-Ing. Werner Schirmer

\*12.10.1931, †22.11.2021



Werner Schirmer war ein wegweisender Experte in Deutschland auf dem Gebiet der Lärm- und Schwingungsbekämpfung, ein Verfechter des Lehrens und Publizierens auf diesem Gebiet, ein liebenswürdiger, hilfsbereiter Zeitgenosse und anregender Gesprächspartner.

1931 in Dresden geboren, studierte er von 1951 bis 1956 an der TH Dresden Elektrotechnik, war bis 1963 Assistent im Institut für Elektro- und Bauakustik der TH/TU Dresden, promovierte 1966 bei Prof. Reichardt mit einer Arbeit auf dem Gebiet der Raumakustik. Werner Schirmer übernahm 1964 die Abteilung für Lärm- und Schwingungsabwehr, die von Arno Lenk und Wolfgang Kraak (beide Helmholtz-Preisträger der DEGA) 1963 aus der Abteilung Akustik bei Strahltriebwerken im VEB Entwicklungsbau Pirna gegründet worden war, nunmehr angesiedelt im Wissenschaftlichen Industriebetrieb „VEB Schwingungstechnik und Akustik“ Dresden (Werkleiter: Wolfgang Kraak). Diese Gründung war Anfang der 1960er Jahre eine großartige Idee: mit Aufträgen aus der Industrie zum relativ neuen Gebiet der Lärm- und Schwingungsbekämpfung musste diese Abteilung ihre „eigene Existenz erwirtschaften“, das war damals in der DDR eine völlig ungewöhnliche Tätigkeit im wissenschaftlichen Bereich. Diese Abteilung hatte 1964 vier Fachingenieure. Werner Schirmer baute sie über einige Zwischenstationen (Meßelektrotechnik und Robotron Dresden, ab 1971 Zentralinstitut für Arbeitsschutz Dresden ZIAS) in den Jahren bis 1990 zur schlagkräftigsten Truppe auf diesem Gebiet in der DDR aus. Mit ca. 25 wissenschaftlich Beschäftigten in drei Arbeitsgrup-

pen (Lärmabwehr, Schwingungsabwehr, Messtechnik) hatte diese Abteilung den Status einer Leitstelle für Lärm- und Schwingungsschutz in der Industrie. Dies zeigte sich insbesondere auch durch Weiterbildungs- und Wochenlehrgänge für Seiteneinsteiger, Konstrukteure und Messtechniker aus der Industrie, des Weiteren durch aktive Mitgliedschaft in Fachgremien der Ingenieurorganisation „Kammer der Technik“, durch die Herausgabe eines „Kataloges für Lärmminderungsmaßnahmen“ mit erprobten Lösungen und eines „Kataloges gemessener Emissionsdaten von relevanten Lärmquellen in der Industrie“.

1990/1991 wurde diese Leitstelle für Lärm- und Schwingungsabwehr in ihrer bisherigen Form aufgelöst. Werner Schirmer war von 1993 bis 2001 wissenschaftlicher Leiter und Geschäftsführer bei Kötter Beratende Ingenieure GmbH (Rheine/Westfalen). Anfang der 2000er Jahre gründete er zusammen mit seinem Sohn Dipl.-Wirtsch.-Ing Hartmut Schirmer die SCHIRMER GmbH Beratende Ingenieure in Dresden. Hier setzte er seine intensive und erfolgreiche fachliche Beratertätigkeit bis ins hohe Alter fort. Werner Schirmer hat mit seinen Mitarbeitern in den Jahren 1966 und 1967 den Lehrgang „Lärmekämpfung an Maschinen und Anlagen“ organisiert und mehrfach durchgeführt. Aus diesem Lehrgang heraus entwickelte er (als Herausgeber) mit dem Autorenkollektiv seiner Abteilung das Buch „Lärmekämpfung – Physikalische Grundlagen und praktische Maßnahmen der Lärmekämpfung an Maschinen und in Produktionsanlagen“. 1971 erschien dieses in der östlichen und westlichen Fachwelt bekannte und weitverbreitete Fachbuch, häufig als „der Schirmer“ bezeichnet. Er hat am postgradualen Studium Schallschutz in den Jahren 1972 bis 1990 an der TU Dresden, bei der Ausbildung zum „Fachingenieur für Schallschutz“, mitgewirkt.

Werner Schirmer hat ca. 60 Fachpublikationen in Zeitschriften und in Tagungsbänden veröffentlicht. Von besonderer Bedeutung waren (und sind!) seine Buchpublikationen, und zwar einerseits

das bereits genannte Buch „Lärmekämpfung“, erschienen in zunächst vier Auflagen zwischen 1971 und 1989, dann die überarbeitete und erweiterte Fassung in zwei Auflagen 1996 und 2006 unter dem Titel „Technischer Lärmschutz“ beim VDI/Springer-Verlag. Werner Schirmer hatte noch die Arbeiten an einer neuen Fassung dieses Buches in jüngere Hände übergeben (Leitung: Prof. Jörn Hübel, Hochschule Mittweida). Er wird nun die Herausgabe des neuen „Schirmers“ nicht mehr erleben können. Andererseits ist von Werner Schirmer als Mit-Herausgeber – gemeinsam mit den Reichardt-Schülern Wolfgang Kraak und Wolfgang Fasold – das zweibändige „Taschenbuch Akustik“ 1984 beim Verlag Technik Berlin erschienen. Alle (damals) wesentlichen Gebiete der Akustik wurden von 85 Autoren auf 1.800 Seiten dargestellt. Werner Schirmer war für das Kapitel Maschinenakustik (350 Seiten) mit einem Autorenteam von 32 Spezialisten verantwortlich.

Die von Werner Schirmer vertretene Priorität der primären Lärmminderung (Verursacherprinzip) zeigt sich insbesondere auch an seinen Beiträgen in den Schriftenreihen des Arbeitsschutzinstituts in Dresden in den Jahren 1977–1981: „Lärmarme Technik vom Reißbrett“, „Lärmarmes Konstruieren“ und „Systematik der Geräuschentstehung und Geräuscheminderung bei Maschinen“ (400 Seiten).

Werner Schirmer wurde 2007 von der Deutschen Gesellschaft für Akustik mit der Helmholtz-Medaille für sein herausragendes Lebenswerk auf dem Gebiet der Akustik geehrt. Vom ungarischen Optischen, Akustischen und Filmtechnischen Verein wurde Werner Schirmer mit der Medaille „Pro Silentio“ ausgezeichnet.

Neben den fachlichen und organisatorischen Leistungen von Werner Schirmer denken wir in diesem Nachruf vor allem auch an den Menschen Werner Schirmer in starken Erinnerungen und mit großer Dankbarkeit zurück. Die Unterzeichner und viele der Beschäftigten waren damals in der Lärmekämpfungsabteilung des Arbeitsschutzinstituts in Dresden fast alle gleichaltrig, wir hatten viele gleichar-

tige Probleme: Kinder, Wohnung, Auto (und dessen Bestellung!), politische Einstellung, Promotionsvorhaben. Das „Klima“ in dieser Abteilung war extrem gut. Diese Zusammenarbeit ist ein Musterbeispiel dafür gewesen, dass Erfolg nicht nur fachlich begründet sein muss, sondern dass die menschlichen Aspekte in einer Arbeitsgruppe außerordentlich relevant sind. Werner Schirmer zeigte in

familiären Notfällen große menschliche Gesten. Er half in Notsituationen, wo einfach geholfen werden musste, sei es in Familien seiner Mitarbeiter oder beim bewundernswürdigen, jahrelangen Pflegeeinsatz bei seiner erkrankten Frau. Wir werden ihn persönlich als einen fachlich kompetenten, hilfsbereiten, kollegialen und aktivitätenreichen Menschen im bleibenden Gedächtnis behalten.

Die Deutsche Gesellschaft für Akustik verliert mit Werner Schirmer einen hochangesehenen und liebenswürdigen Kollegen, an den sie sich voller Dankbarkeit erinnert. ■

Siegbert Gruhl,  
Peter Kötzsches,  
Lutz Kracht

## ■ Nachruf Dr.-Ing. Klaus Wogram

\*12.12.1940, †19.10.2021



Dr. Klaus Wogram ist am 19. Oktober 2021 im Alter von 80 Jahren verstorben. Mit ihm ist einer der prominentesten Vertreter der deutschsprachigen Musikalischen Akustik von uns gegangen, der u. a. den FA Musikalische Akustik von 1997 bis 2003 erfolgreich leitete und der uns bei den DAGA-Tagungen vor allem in den Jam-Sessions an der Posaune immer viel Freude bereitet hat.

Klaus Wogram wurde am 12. Dezember 1940 in Kopenhagen geboren. Seine Jugend hat er in Wilhelmshaven verbracht. Er studierte von 1962 bis 1967 an der Technischen Hochschule Braunschweig Elektrotechnik.

Er begann seine Laufbahn im Januar 1966 als Praktikant an der PTB in der damaligen Abteilung „Akustik“. Hier untersuchte er erfolgreich Methoden zur Prüfung von Kfz-Schalldämpfern und konnte nachher als Werkstudent im Bereich der „Musikalischen Akustik“ weiterarbeiten. Dabei führte er Untersuchungen an Blechblasinstrumenten durch, die er als Posaunist immer sehr gerne unternommen hat. Mit dem Titel „Ein Beitrag zur Ermittlung der Stimmung von Blechblasinstrumenten“ hat er im Mai 1974 seine Promotion an der

TU Braunschweig abgeschlossen. Seine Doktorväter waren die bekannten Persönlichkeiten Prof. Dr. Helmut Schönfelder und Prof. Dr. Martin Grützmacher. Herr Wogram wurde danach als permanenter Mitarbeiter an der PTB übernommen. Er widmete sich auch administrativen Aufgaben, als er z. B. im Zeitraum von April 1981 bis März 1982 die PTB im Rahmen einer Abordnung beim Bundesministerium für Wirtschaft in Bonn vertrat. Im Jahr 1985 übernahm er von Prof. Dr. Jürgen Meyer die Leitung des Laboratoriums „Musikalische Akustik“, das im Jahr 2003 in die Arbeitsgruppe „Raumakustik“ überging.

Seine Forschungsarbeiten befassen sich vor allem mit Blechblasinstrumenten, ein Interesse, das er schon in jungen Jahren entdeckt und durch das Spielen der Jazzposaune aufrechterhalten hat. Darüber hinaus hat er mit seinem umfangreichen Wissen und seiner Erfahrung Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für die Wilhelm Schimmel Pianofortefabrik GmbH in Braunschweig durchgeführt. Er hat viel für die Verbreitung des Wissens in der Akustik, besonders auf dem Fachgebiet musikalische Akustik getan. Mit seinem Kollegen Dr. Ingolf Bork hat er bei der PTB in Braunschweig über Musikinstrumentenakustik mit Live-Messungen unterstützte Demonstrationen durchgeführt, um den Zuhörerinnen und Zuhörern die Physik der Musikinstrumente nahe zu bringen. An diesen faszinierenden Veranstaltungen haben sowohl Musikinstrumentenbauer als auch Wissenschaftlerinnen und Interessenten teilgenommen. Solche Veranstaltungen hat er auch für den Fachausschuss Musikalische Akustik der DEGA ausgerichtet.

Er hat oft eindrucksvolle Vorträge gehalten, wie z. B. bei der „Faszination Akustik; eine Reise durch die Welt des Schalls; Öffentliche Ringvorlesung im Studium Integrale der TU Braunschweig“, darüber hinaus hat er die DPG (Deutsche Physikalische Gesellschaft) in Bad Honnef an Fortbildungsveranstaltungen für Physiklehrer mit gut verständlichen und interessanten Präsentationen kombiniert mit Demonstrationen unterstützt.

Dr. Wogram hat für den praktischen Einsatz in Herstellerbetrieben für Blechblasinstrumente ein Computerprogramm-System namens MeSSko entwickelt. Der Name steht für die „Messung“ der Resonanzenschaften von Blechblasinstrumenten auf objektive Weise sowie für die „Korrektur“ ihrer Mensur (Formgebung) zur Erlangung einer musikalisch-akustischen Qualitätssteigerung. Ein genial ausgeklügeltes Simulationsprogramm kann anhand der gemessenen Daten Vorschläge für Instrumentenbauer liefern, wie die Mensur des Instruments geändert werden sollte, um die Resonanzen in die gewünschte Lage zu bringen. Es ist nämlich leider nicht so, dass die Naturtöne von Blechblasinstrumenten einer streng musikalischen Tonleiter folgen: die einzelnen Resonanzen liegen oftmals neben den gewünschten Tonhöhen. Blechbläser müssen nun diesen Missstand durch geeignetes Treiben oder Absenken einzelner Tonhöhen korrigieren. Dass das nicht immer leicht ist, ist aus der täglichen Praxis bekannt. Ende Dezember 2005 wurde Dr. Wogram in den Ruhestand verabschiedet. Danach hat er eine eigene Beraterfirma mit dem Namen WOKUSTIK gegrün-

det und stand Musikinstrumentenbauern und Musikerinnen in der Alltagspraxis mit seiner großen Erfahrung zur Seite. Durch Verknüpfung von subjektiven und objektiven Ergebnissen hat er Vorschläge erarbeitet, die es Instrumentenmachern ermöglichen, die Qualität ihrer Instrumente den Anforderungen des Marktes und speziellen Wünschen von Musikerinnen und Musikern anzupassen.

Musik bestimmte sein Leben an vielen Stellen, und so wirkte Dr. Klaus Wogram mit seiner Posaune in fünf Bands mit Leidenschaft mit. Klaus Wogram war ein immer gut gelaunter und lebenslustiger Mensch. Er lief oft mit einer Melodie auf den Lippen herum und war immer offen und aufgeschlossen anderen gegenüber. Mit ihm verliert die Deutsche Gesellschaft für Akustik einen

vorausblickenden Wissenschaftler. Wir erinnern uns mit Warmherzigkeit an ihn und werden sein Andenken in guter Erinnerung bewahren.

Ein Fernsehauftakt von Herrn Wogram (zusammen mit Herrn Bork) kann online hier angeschaut werden:

<https://tinyurl.com/y6rj5931>. ■

Judit Angster

## ■ Nachruf Dipl.-Ing. Ulrich Möhler

\*15.06.1949, †22.10.2021



Er war ein Visionär, mutiger Unternehmer und Ingenieur mit Herz und Seele: Ulrich Möhler hat die Möhler + Partner AG mehr als drei Jahrzehnte geprägt und zu ihrer Erfolgsgeschichte beigetragen wie kein anderer. Dank seines Engagements hat sich das einst kleine Münchener Ingenieurbüro zum Beratungsunternehmen mit fünf Niederlassungen in ganz Deutschland entwickelt. In diesem Jahr feiern wir das 35-jährige Bestehen. Ulrich Möhler kann das nicht mehr miterleben, er verstarb unerwartet am 22. Oktober 2021 im Alter von 72 Jahren. Sein Tod ist ein Verlust für alle, die sich für Lärm- und Umweltschutz engagieren, denn für ihn war dieser stets mehr als ein notwendiges Übel zur Erfüllung gesetzlicher Anforderungen – für ihn war es ein unverzichtbarer Beitrag zum Wohle der Gesellschaft.

Ulrich Möhler wurde am 15. Juni 1949 in Augsburg geboren. Nach dem Abitur und dem anschließenden Wehrdienst begann er seine Hochschulausbildung an der Technischen Universität in München, die er 1977 als Diplom-Ingenieur abschloss. Bereits im Studium galt sein Interesse den Fachgebieten Stadtentwicklung und Verkehrsplanung mit ei-

nem besonderen Augenmerk auf die damit einhergehenden Lärmbelastungen für die Bevölkerung. Mit dieser Spezialisierung hatte er den Finger am Puls der Zeit, denn Ende der 1970er-Jahre hatte die Lärmbelastung durch die Motorisierung des Straßenverkehrs und den Eisenbahnbetrieb ein Maß erreicht, das auf politischer Ebene ein Gegensteuern erforderlich machte.

Nach dem Diplom arbeitete Ulrich Möhler zehn Jahre für das Münchener Planungsbüro Obermeyer (heute Obermeyer Gruppe), wo er zahlreiche Aufgaben im Bereich Lärmschutz an Straßen und Schienenwegen übernahm. Mit höchster Konzentration eignete er sich ein fundiertes Wissen über schalltechnische und akustische Zusammenhänge an. Hervorzuheben ist in dieser Zeit seine maßgebliche Mitarbeit an der interdisziplinären Feldstudie zu den Besonderheiten des Schienenverkehrslärms gegenüber dem Straßenverkehrslärm (IF-Studie 1978/1983), die unter der Leitung des Verkehrswissenschaftlers Gerhard Heimerl (Universität Stuttgart) stand und deren Ergebnisse in die Verkehrslärmschutzverordnung 1990 einflossen. Lärmwirkungen, insbesondere von Schienenverkehrsgeräuschen, wurden Ulrich Möhlers Spezialgebiet. Sein Ruf als ausgewiesener Fachmann sprach sich schnell herum und Ulrich Möhler war in der Folge an richtungsweisenden Publikationen, Richtlinien und technischen Regelwerken für die Prognose der Schallemissionen und -immissionen des Schienenverkehrslärms beteiligt.

Innovationsgeist und Gestaltungsdrang führten Ulrich Möhler schließlich in die Selbstständigkeit. Nach der Gründung

des Beratungsbüros Möhler + Partner im Jahr 1987 hat er das Unternehmen zusammen mit seinen Partnern aufgebaut. Mit seiner Expertise, den langjährigen persönlichen Kontakten und seinem ausgeprägten Qualitätsanspruch gelang es Ulrich Möhler, das Beratungsangebot, den Kundenstamm und die Aufträge der Firma schnell und stetig zu erweitern. „Gute Arbeit spricht sich herum, dann kommt der Erfolg von ganz allein“, das hat er oft gesagt.

Mit seiner Sorgfalt und Begeisterung für Innovationen bereicherte Ulrich Möhler auch die psychoakustischen Untersuchungen zur Wahrnehmung von Pegeldifferenzen bei vorbeifahrenden Güterzügen (Möhler/Fastl 1997). Während sich Versuchspersonen in üblichen psychoakustischen Experimenten ausschließlich auf das zu beurteilende Geräusch zu konzentrieren hatten (listen), wurde in dieser Untersuchung für Eisenbahngeräusche erstmals zwischen „zuhören“ (listen) und „ hören“ (hear) unterschieden. Die Ergebnisse wurden im Zusammenhang der geplanten Erhöhung von Schallschutzwänden an Eisenbahnstrecken diskutiert, denn sie zeigten, dass Pegelreduktionen von beispielsweise 3 dB von 60 Prozent der Versuchspersonen nicht wahrgenommen wurden. Einen weiteren Schwerpunkt in Ulrich Möhlers beruflichem Wirken bildeten die Arbeiten zur Magnetschnellbahn „Transrapid“, in denen er Problemlösungskompetenz und Engagement bewies.

Was Ulrich Möhler auszeichnete, waren Hingabe und eine besondere Begeisterung für seinen Beruf. Er sah in jedem das Beste und verstand es, dies zu fördern und zu fordern. So überrascht es nicht,

dass lebenslanges Lernen bis heute zur Firmen-DNA gehört. Dabei war ihm Austausch wichtig: Das Wissen Einzelner sollte stets zum Nutzen aller beitragen. Dafür organisierte er interne Workshops und Klausurtagungen, in denen sich die verschiedenen Fachrichtungen gegenseitig informieren und bereichern konnten. Interdisziplinäres Arbeiten ist eine weitere Konstante. In fachübergreifenden Projekten legte Ulrich Möhler Wert darauf, dass die Belange des Lärm- und Umweltschutz gleichberechtigt vertreten waren. Bedachtes Handeln und eine aktive, partizipative Kommunikation bildeten den Grundstein für seinen Erfolg. Bis zuletzt blieb Ulrich Möhler seinem Lehrstuhl an der TU München verbunden und hielt Gastvorträge in seinem Spezialgebiet: Schallschutz in der Verkehrs- und Stadtplanung. Unvergessen bleiben zudem seine Tagungsbeiträge und Veröffentlichungen auf nationaler und internationaler Bühne.

Ulrich Möhler ist es gelungen, das Unternehmen stets auf Erfolgskurs zu hal-

ten – dank seiner Beharrlichkeit, dem Weitblick und der Fähigkeit zur Veränderung. Die Umwandlung in die Möhler + Partner Ingenieure AG im Juli 2010 läutete eine weitere Phase des Wachstums ein. Heute zählt das Unternehmen fast 80 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Nachdem er Ende 2015 vom Vorstand als Vorsitzender in den Aufsichtsrat gewechselt war, förderte er dort vor allem den Ausbau der Grundlagenarbeiten. Bis zu seinem Ausstieg aus dem Aufsichtsrat 2020 war Ulrich Möhler seinem Unternehmen verbunden und brachte sich mit einem Fokus auf Verkehrslärm, Qualität, Außenwirkung und Unternehmenskultur ein. Und er nahm sich Zeit für die Belange jedes Einzelnen, hatte für Sorgen und Anliegen bis zuletzt ein offenes Ohr. Darin zeigt sich auch die Wertschätzung und Akzeptanz, die ihm entgegengebracht wurde. Seine Expertise, seine Hingabe und Empathie werden uns fehlen. Umso dankbarer behalten wir ihn in Erinnerung. Was von seinem Wirken bleibt, ist mehr als ein

Unternehmen, das seinen Namen trägt. Mit seinem unermüdlichen Engagement für Lärm- und Umweltschutz hat er viele Spuren hinterlassen – in der Normungsarbeit, im Leben seiner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, aber auch und vor allem in der Lebens- und Arbeitsqualität der Menschen. ■

Christian Eulitz,  
Hugo Fastl,  
Rudolf Liegl

### ■ Wir gratulieren

zum 85. Geburtstag (Feb. 2022):  
Prof. Dr. Erwin Paulus,  
Gründer und erster Leiter des Fachausschusses Sprachakustik ■



## Raumakustik in Wellenform

Neue akustische Anforderungen erfordern kreative Lösungen. Für offene Arbeitswelten, Großraumbüros und Callcenter haben wir das **pure Deckenelement „Sinusbaffel“** neu im Sortiment.

Die wellenförmigen Elemente bilden eine Analogie zur Schallwelle, die sie bedämpfen. Exakt aufeinander abgestimmt sind sie als Einzelemente (2x2m und 2x1m) einsetzbar oder auch in alle Richtungen erweiterbar. Die schräg zur Decke durchlaufende Sinuswelle kann also beliebig weit fortgeführt werden. Durch ein neuartiges, intelligentes Klicksystem kann auf Verbindungselemente verzichtet werden. pure Sinusbaffel eignet sich mit einem Freiflächenanteil von mindestens 85% in idealer Weise auch für betonkernaktivierte Decken.

Auch für  
betonkernaktivierte  
Decken geeignet!

Tel. +49 / (0)83 93 / 922 12-0  
[www.sonatech.de](http://www.sonatech.de)

 **SONATECH**  
Akustik + Schallschutz

 **SPEKTRA**  
Ready for TESTelligence!

## Kalibrierdienstleistungen für Audiometrie und Akustik.



Wir sind dabei!

  
**DAGA 2022 STUTTGART**

Besuchen Sie uns  
am Stand 44.

Für verlässliche Messungen mit gleichbleibend hoher Qualität ist eine regelmäßige Kalibrierung unumgänglich.

- höchstes Niveau im DAkkS-akkreditierten Kalibrierlabor
- Druck- und Freifeldkalibrierungen
- Eichung von Schallpegelmessern als Rundum-Service

[www.spektra-dresden.com/akustik](http://www.spektra-dresden.com/akustik)

# Veranstaltungen

## ■ Veranstaltungshinweise

21.–24.03.2022

DAGA 2022

48. Jahrestagung für Akustik



### Herzliche Einladung

Wir freuen uns sehr, Sie zur 48. Jahrestagung für Akustik DAGA 2022 in Stuttgart und Online begrüßen zu dürfen. Die Landeshauptstadt von Baden-Württemberg hat ein besonderes Profil. Automobilstadt, Medienstadt, Kulturstadt, Sportstadt – das sind nur einige der zahlreichen Facetten. Auch die Akustik gehört zu Stuttgart: Nach 1972, 1985 und 2007 ist 2022 bereits die vierte DAGA im Ländle.

Als Ausrichter können die Universität Stuttgart und das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP aber nicht nur auf Erfahrungen zurückgreifen, sondern auch auf die tatkräftige Unterstützung der Hochschule für Technik, der Hochschule der Medien sowie von namhaften Unternehmen und Institutionen zählen. Gemeinsam gestalten wir für Sie eine erlebnis- und erkenntnisreiche DAGA 2022-Veranstaltung.

Im Namen aller Beteiligten darf ich Sie sehr herzlich in Stuttgart willkommen heißen.

Ihr Tagungsleiter

Philip Leistner



### Anmeldung zur Tagung

Die DAGA ist als Hybrid-Veranstaltung geplant. Teilnehmende können bei der Anmeldung und danach bis zum 5. März über ihren Registrierungs-Account entscheiden, ob sie eine Vor-Ort- oder Online-Teilnahme favorisieren:

<https://www.daga2022.de/registrierung>.

### Tagungsprogramm

Den Zeitplan mit allen Autorinnen und Autoren, Vorträgen und Postern finden Sie unter:

<https://www.daga2022.de/programm>.

### Veranstaltungsort in Stuttgart



Universität Stuttgart  
Campus Stuttgart-Vaihingen  
<https://www.uni-stuttgart.de>

### Veranstaltungsformat und Hygiene-Hinweise

Wir planen die DAGA 2022 als hybride Tagung. Alle angemeldeten Teilnehmenden können bis zum 5. März flexibel entscheiden, ob sie eine Online- oder Vor-Ort-Teilnahme wählen möchten.

Die DAGA 2022 findet vor Ort im Rahmen des Hygiene-Konzeptes der Universität Stuttgart im 2G-plus-Modus mit einigen zusätzlichen Vorkehrungen statt. Wir bitten alle Teilnehmenden, unsere stets aktualisierten Hinweise zu den notwendigen Vorkehrungen zu beachten: <https://www.daga2022.de/corona>.

### Online-Teilnahme weiterhin möglich

Für die Online-Teilnehmenden wird ein Konferenzportal bereitgestellt, in dem sie sich übersichtlich und flexibel durch die Tagung, deren Sitzungen, die Online-Poster- und Firmenausstellung und weitere Inhalte navigieren können. Über die integrierten Zoom-Veranstaltungen können Online-Teilnehmende einfach per Klick an den Sitzungen aktiv teilnehmen, sich mit weiteren Teilnehmenden zu Gesprächen und Chats zusammenfinden und vieles mehr. Das Konferenz-Portal steht ab Mitte März bereit.

## Zentrale Termine

- Februar 2022: Veröffentlichung des Tagungsprogramms <https://www.daga2022.de/programm>
- bis 5. März 2022: Finale Festlegung des Teilnahmemodus
- bis 14. März 2022:
  - Einreichung von Posterdatei & Vorschaubild für alle Poster-Autor:innen
  - Vortragsvideo-Einreichung für Online-Vortragende
  - Präsentations-Einreichung für Vor-Ort-Vortragende
- 21.–24. März 2022: Tagung DAGA 2022
- 21. März 2022: Vorkolloquien zur DAGA und DEGA-Mitgliederversammlung
- bis 31. März 2022: Manuskript-Einreichung
- Frühjahr 2022: Alle Teilnehmer erhalten per E-Mail den Online-Zugang zum Tagungsband

## Hinweise für Autorinnen und Autoren

Die hybride DAGA eröffnet uns allen zusätzliche Möglichkeiten. Beispielsweise können Vorträge mit Einverständnis der Autorinnen und Autoren auch nach ihrer Präsentation über das Konferenzportal einsehbar bleiben. Sie erfordert daneben auch besondere Abläufe. Daher bitten wir alle Autorinnen und Autoren, unseren Hinweisen zur Vorbereitung ausgiebige Beachtung zu schenken:  
<https://www.daga2022.de/autoren>

## Plenarvorträge

- Christian Adams: Vibroakustische Modellversuche
- Frank Gauthier & Timo von Wysocki: Ein neuer Ansatz zur Optimierung des Rollgeräusches im Pkw
- Jürgen Hellbrück: Akustik und Psychologie
- Carl Hopkins: Engineering design for sound insulation in buildings
- Manfred Kaltenbacher: Computational Acoustics: Models and finite element schemes

## Vorkolloquien am 21.3.2022



Die Teilnahme ist kostenfrei.

- Ganzheitliche Akustik urbaner Mobilität (Philip Leistner)
- Künstliche Intelligenz für akustische Sensorsysteme (André Gerlach und Jens Prager)
- Schallschutz im Holzbau (Berndt Zeitler)

## Zentrale Abendveranstaltung

Situationsbedingt wird der gesellige Abend abgewandelt stattfinden. Direkt am Tagungscampus planen wir im Anschluss an das Tagesprogramm ein gemeinsames abendliches Beisammensein an der frischen Luft mit Foodtrucks, heißen Getränken und Musik. Dafür ist auch eine Jam-Session angedacht.  
<https://www.daga2022.de/programm>

## Fachexkursionen

(Sofern im Rahmen der Pandemie durchführbar.)

Wir planen Fachexkursionen zu diesen Orten in und um Stuttgart: <https://www.daga2022.de/programm/fachexkursionen>

## Programm für Begleitpersonen sowie für einen erweiterten Stuttgart-Aufenthalt

Empfehlungen für Ihre Begleitung und Familie finden Sie unter <https://www.daga2022.de/programm/begleitpersonen>.

## Ausstellung und Sponsoring



Ausstellende und Sponsoren können ihre Produkte und Dienstleistungen auf der DAGA sowie in den zahlreichen DAGA-Medien präsentieren – sowohl vor Ort zur Tagung, als auch mit einem virtuellen Stand für alle Online-Teilnehmenden.

Unsere Vorschläge für Werbung und Sponsoring sowie die letzten freien Ausstellungsflächen finden Sie unter:

<https://www.daga2022.de/ausstellung>

## Kontakt und Information

Teresa Lehmann und Julia Schneiderheinze

E-Mail: [tagungen@dega-akustik.de](mailto:tagungen@dega-akustik.de)

Webseite: <https://www.daga2022.de>

Tel: 030 / 340 60 38 04 oder 0176 / 56 84 55 64

27.04.2022

Tag gegen Lärm

[www.tag-gegen-laerm.de](https://www.tag-gegen-laerm.de)

**Am 27. April 2022 findet der 25. Tag gegen Lärm – International Noise Awareness Day statt.**

Motto: „Hört sich gut an“

In den letzten 25 Jahren hat der Lärmschutz viele Veränderungen erfahren, um die Lebensqualität nachhaltig zu verbessern. Wir möchten auch in diesem Jahr mit dem Tag gegen Lärm die erfolgreiche Tradition fortführen, um das lärmbezogene Umweltbewusstsein und die Aufmerksamkeit bezogen auf Lärm zu unterstützen.

Die Partizipation der Bürger:innen wird am 25. Tag gegen Lärm in den Fokus gerückt. Gemeinsam mit dem Umweltbundesamt und der Stadt Dessau wird die DEGA die zentrale Veranstaltung „Ein Vierteljahrhundert Tag gegen Lärm – Stand und Perspektiven“ am 26.04.2022 (10:00–13:15 Uhr) digital durchführen. Detaillierte Informationen zum Programm werden zeitnah auf der Website des Tag gegen Lärm (siehe <https://www.tag-gegen-laerm.de>) verfügbar sein.

Darüber hinaus wird es wieder eine Vielzahl von Aktionen geben, und auch in diesem Jahr haben Schulen, Verbände oder andere öffentliche Einrichtungen die Möglichkeit, sich den Lärmkoffer „Lärmdetektive – Dem Schall auf der Spur“ auszuleihen und diesen im Unterricht, an Projekt- oder Aktionstagen einzusetzen. Sobald die pandemiebedingten Restriktionen aufgehoben werden, können auch wieder Aktionstage mit dem Lärmkoffer gebucht werden.

Weitere und aktuelle Informationen zum Tag gegen Lärm finden Sie auf der Website <https://www.tag-gegen-laerm.de>. Ab Ende Februar können Sie dort auch die diesjährigen Plakate bestellen bzw. herunterladen.

**Machen Sie mit am 25. Tag gegen Lärm – International Noise Awareness Day!** ■

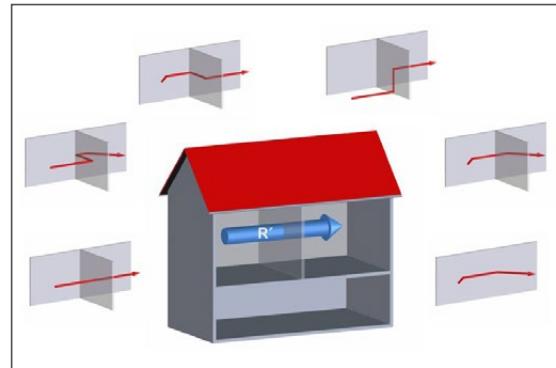
Brigitte Schulte-Fortkamp, André Fiebig und Evelin Baumer

16.05.–18.05.2022 und

26.09.–28.09.2022

DEGA-Akademie

Kurs „Bauakustik – von den Grundlagen zur Anwendung“



Der Kurs „Bauakustik – von den Grundlagen zur Anwendung“ findet im Jahr 2022 an zwei Terminen (16.–18.05. / 26.–28.09.) jeweils in Braunschweig statt.

Er richtet sich an alle, die sich mit der Thematik intensiver auseinander setzen wollen (insbesondere aus Architektur, Bauingenieurwesen etc.).

**Hinweis:** Beim Redaktionsschluss war der erste Termin (Mai) bereits ausgebucht; für den September-Termin sind noch Plätze frei.

#### Leitung und Referenten:

- Prof. Dr.-Ing. Alfred Schmitz (Leitung), TU Braunschweig / TAC-Technische Akustik, Grevenbroich
- Hon.-Prof. Dr.-Ing. Volker Wittstock, PTB Braunschweig

#### Veranstaltungsort:

Haus der Wissenschaft Braunschweig  
Pockelsstraße 11  
38106 Braunschweig  
<http://www.hausderwissenschaft.org>

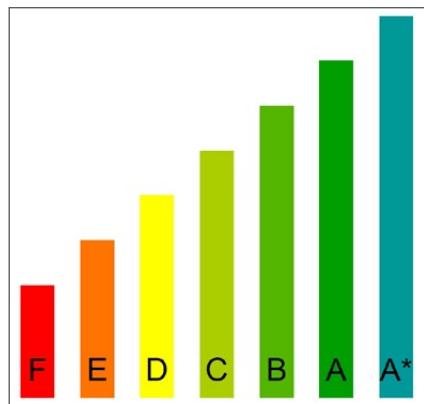
#### Programm, Leistungen, Gebühren und Anmeldung:

siehe beiliegendes Faltblatt (September-Termin) und

<https://www.dega-akustik.de/aktuelles> ■

**24.05.2022**

DEGA-Akademie

**Kurs „DEGA-Schallschutzausweis“**

Der Kurs „DEGA-Schallschutzausweis“ findet wieder am 24. Mai 2022 als Online-Kurs statt.

Er richtet sich an alle Interessierten, die ihre Fachkenntnis zur Anwendung bzw. Ausstellung von DEGA-Schallschutzausweisen (<http://www.dega-schallschutzausweis.de>) erweitern wollen und sich über Details zur überarbeiteten DEGA-Empfehlung 103 informieren möchten.

#### **Leitung und Referenten:**

- Dipl.-Ing. Christian Burkhardt (Leitung), Akustikbüro Schwartzenberger und Burkhardt, Pöcking
- M.Sc. Kim Marcus Weidlich, Kurz und Fischer GmbH, Winnenden
- Dipl.-Ing. (FH) Michael Wolf, Akustikbüro Schwartzenberger und Burkhardt, Pöcking

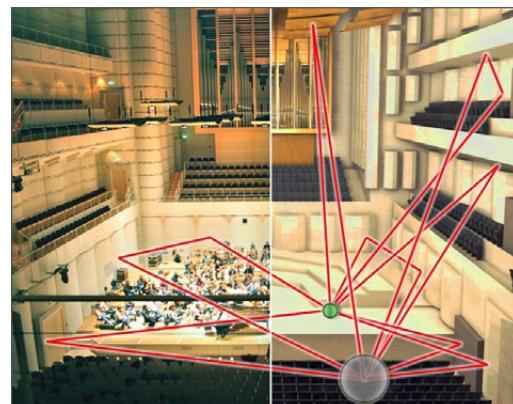
#### **Programm, Leistungen, Gebühren und Anmeldung:**

siehe beiliegendes Faltblatt und <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>

Auf der genannten Webseite finden Sie auch diejenigen Ingenieurkammern, die den Kurs als Fortbildungsveranstaltung anerkennen. ■

**04.10.–07.10.2022**

DEGA-Akademie

**Kurs „Raumakustik und Beschallungstechnik“**

Der Kurs „Raumakustik und Beschallungstechnik“ findet wieder vom 04.–07.10.2022 in Aachen statt. Er richtet sich an Interessierte u. a. aus der technischen Raumplanung, Ingenieurwesen, Ton- und Medientechnik und der Architektur mit Aufgaben in den Gebieten:

- raumakustische Planung und Optimierung von Konzert- oder Theatersälen, Stadthallen etc.,
- Einrichtung und Betreuung von Beschallungsanlagen.

Die ersten drei Kurs-Stunden werden in Form von Online-Tutorials (vor Kursbeginn) vermittelt; der Kurs beginnt in Präsenz am 4. Oktober um 13:00 Uhr.

#### **Leitung und Referenten:**

- Prof. Dr. rer. nat. Michael Vorländer (Leitung), Institut für Hörtechnik und Akustik, RWTH Aachen
- Dr.-Ing. Lukas Aspöck, Institut für Hörtechnik und Akustik, RWTH Aachen
- Dipl.-Ing. Ingo Witew, Institut für Hörtechnik und Akustik, RWTH Aachen
- Dr.-Ing. Gottfried Behler, Institut für Hörtechnik und Akustik, RWTH Aachen
- M. Sc. Marco Berzborn, Institut für Hörtechnik und Akustik, RWTH Aachen
- Prof. Dr.-Ing. Alfred Schmitz, IFAA – Institut für Akustik und Audiotechnik, Herzogenrath / Grevenbroich
- Prof. Dr.-Ing. Anselm Goertz, IFAA – Institut für Akustik und Audiotechnik, Herzogenrath / Grevenbroich

#### **Veranstaltungsort:**

Hotel Ibis Marschierstor  
Friedlandstr. 6-8  
52064 Aachen

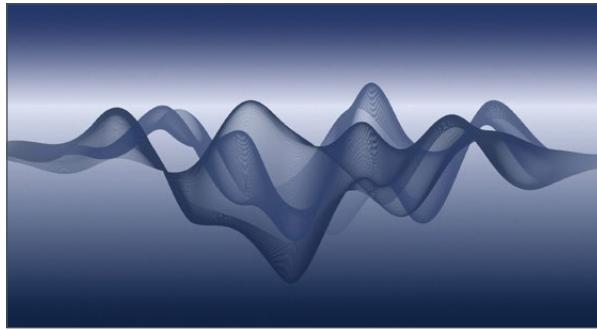
#### **Programm, Leistungen, Gebühren und Anmeldung:**

siehe beiliegendes Faltblatt und <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>

Auf der Webseite finden Sie ab Frühjahr 2022 auch diejenigen Ingenieurkammern, die den Kurs als Fortbildungsveranstaltung anerkennen. ■

**09.11.–11.11.2022**  
DEGA-Akademie

**Kurs „Soundscape – Konzeption, Standardisierung und Anwendungen in der Praxis“**



Der Kurs „Soundscape – Konzeption, Standardisierung und Anwendungen in der Praxis“ findet erstmals vom 9.–11.11.2022 als Online-Kurs statt. Er richtet sich an Architekturbüros, Stadtplanende, Messstellen und Beratungsbüros. In den letzten Jahren hat die Soundscape-Forschung aufgrund der erfolgten Standardisierung (Reihe DIN-ISO 12913) in der Praxis der Stadtplanung und auch in der Politik an Zustimmung gewonnen. Im Gegensatz zum Grundprinzip des klassischen Immissionsschutzes, dass z.B. ein bestimmter Schalldruckpegel von Verkehrsgeräuschen zu einer bestimmten Wirkung führt, strebt das Konzept Soundscape an, den spezifischen Kontext zu berücksichtigen. In der DIN-ISO 12913-1 ist Soundscape definiert als eine akustische Umgebung, die durch eine Person oder durch eine Gruppe von Menschen im Kontext wahrgenommen, erfahren und/oder begriffen wird. Der Kurs vermittelt das notwendige Wissen über die Vorgehensweisen in der Forschung und Anwendung von Soundscape in der Praxis unter Berücksichtigung der aktuellen Standards „Anforderungen an die Datenerhebung und die Dokumentation (DIN-ISO/TS 12913-2:2018)“ und „Datenanalyse (DIN-ISO/TS 12913-3:2019)“ und aktueller Forschungserkenntnisse.

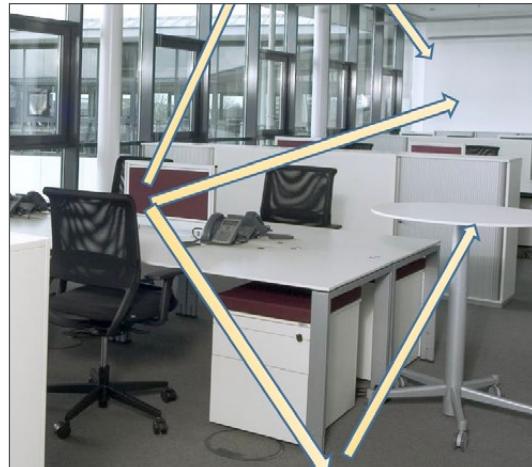
**Leitung und Referierende:**

- Prof. Dr. Brigitte Schulte-Fortkamp, HEAD-Genuit-Stiftung, Herzogenrath
- Prof. Dr. André Fiebig, TU Berlin, Institut für Strömungsmechanik und Technische Akustik
- Prof. Dr. Klaus Genuit, HEAD acoustics GmbH, Herzogenrath

**Programm, Leistungen, Gebühren und Anmeldung:**

siehe <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>

**28.11.2022**  
DEGA-Akademie  
**Kurs „Raumakustik kompakt“**



Der Kurs „Raumakustik kompakt“ findet wieder am 28. November 2022 in Braunschweig statt.

Im Fokus steht die Raumakustik von den Grundlagen zu den Anwendungen in kompakter und zugleich sehr praxisnaher Form. Er richtet sich an Beratungsbüros, Behörden und Baufirmen (insbesondere aus Architektur, Bauingenieurwesen etc.) und an alle weiteren Interessierten, die sich mit dem Themenkomplex der Raumakustik intensiver beschäftigen wollen.

**Leitung und Referent:**

- Prof. Dr.-Ing. Alfred Schmitz, TU Braunschweig / TAC-Technische Akustik, Grevenbroich

**Veranstaltungsort:**

Haus der Wissenschaft Braunschweig,  
Pockelsstraße 11,  
38106 Braunschweig  
<http://www.hausderwissenschaft.org>

**Programm, Leistungen, Gebühren und Anmeldung:**

siehe <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>

Auf der Webseite finden Sie ab Frühjahr 2022 auch diejenigen Ingenieurkammern, die den Kurs als Fortbildungsveranstaltung anerkennen. ■

## ■ Kalender

- **21.–22.02.2022 als Online-Kurs:**  
DEGA-Akademie-Kurs „Strömungsakustik 1 – Grundlagen, Auslegungen und Anwendungen“, siehe <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>
- **23.–24.02.2022 als Online-Kurs:**  
DEGA-Akademie-Kurs „Strömungsakustik 2 – Theorie, numerische Verfahren und Anwendungen“, siehe <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>
- **03.03.2022 bundesweit:**  
Welttag des Hörens 2022, siehe <https://welttag-des-hoerens.de>
- **21.–24.03.2022 in Stuttgart bzw. online (hybrid):**  
Jahrestagung DAGA 2022, siehe Seite 45f und <https://www.daga2022.de>
- **26.04.2022 als Online-Veranstaltung:**  
Ein Vierteljahrhundert Tag gegen Lärm – Stand und Perspektiven“ siehe Seite 47 und <https://www.tag-gegen-laerm.de>
- **27.04.2022 bundesweit:**  
25. Tag gegen Lärm, siehe Seite 47 und <https://www.tag-gegen-laerm.de>
- **09.–11.05.2022 in Aalborg (DK):**  
EAA Euroregio / BNAM 2022, siehe <https://bnam2022.org>
- **16.–18.05.2022 in Braunschweig:**  
DEGA-Akademie-Kurs „Bauakustik – von den Grundlagen zur Anwendung“, siehe Seite 47 und <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>
- **16.–19.05.2022 als Online-Jobbörse:**  
EAA Forum Laboris, siehe <https://euracoustics.org/products/forum-laboris>
- **24.05.2022 als Online-Kurs:**  
DEGA-Akademie-Kurs „DEGA-Schallschutzausweis“, siehe Seite 48 und <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>
- **20.–22.06.2022 in Drübeck:**  
S. Workshop „Messtechnische Anwendungen von Ultraschall“, siehe Seite 57
- **27.–30.06.2022 in Paris (F):**  
2nd International Symposium “Quiet Drones”, siehe <https://www.quietdrones.org/conferences/2-quiet-drones-2022>
- **06.–08.07.2022 in Verona (I):**  
Symposium “The Acoustics of Ancient Theatres”, siehe <https://acustica-aia.it/en/event/verona2020/>
- **21.–24.08.2022 in Glasgow (UK) bzw. online (hybrid):**  
Inter-Noise 2022, siehe <https://internoise2022.org/>
- **28.08.–01.09.2022 in Jena:**  
17th Meeting of the European Society of Sonochemistry, siehe <https://www.ess2022.de>
- **26.–28.09.2022 in Braunschweig:**  
DEGA-Akademie-Kurs „Bauakustik – von den Grundlagen zur Anwendung“, siehe Seite 47 und <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>
- **29.–30.09.2022 in Bad Honnef:**  
Herbstworkshop „Physikalische Akustik“, siehe Seite 56
- **04.–07.10.2022 in Aachen:**  
DEGA-Akademie-Kurs „Raumakustik und Beschallungstechnik“, siehe Seite 48 und <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>
- **24.–28.10.2022 in Gyeongju (KOR):**  
ICA 2022 – International Congress on Acoustics, siehe <https://ica2022korea.org>
- **09.–11.11.2022 als Online-Kurs:**  
DEGA-Akademie-Kurs „Sound-scape – Konzeption, Standardisierung und Anwendungen in der Praxis“, siehe Seite 49 und <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>
- **28.11.2022 in Braunschweig:**  
DEGA-Akademie-Kurs „Raumakustik kompakt“, siehe Seite 49 und <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>

Weitere Termine (international) finden Sie im Newsletter „EAA Nuntius“: <https://euracoustics.org/products/nuntius> ■

# DEGA

## Nachrichten und Mitteilungen aus der Fachgesellschaft

### ■ Einladung DEGA-Mitgliederversammlung

In diesem Jahr findet die jährliche Mitgliederversammlung der Deutschen Gesellschaft für Akustik wieder im Rahmen ihrer Jahrestagung, der DAGA 2022, statt. Wie schon im letzten Jahr wird die Versammlung als hybride Sitzung geplant. Alle Mitglieder sind somit herzlich eingeladen, an dieser Versammlung teilzunehmen, nach heutigem Stand

am Montag, den **21. März 2022**

um **17:00 Uhr** wahlweise

im **Hörsaal 47-02**

der Universität Stuttgart,

Pfaffenwaldring 47, 70569 Stuttgart

oder per **Web-Konferenz**.

Über die endgültige Veranstaltungsform sowie die genauen Online-Zugangsdaten werden wir Sie Mitte Februar gemäß §23(1) der Satzung per E-Mail informieren, und Sie können diese Angaben der Webseite

<https://www.dega-akustik.de/dega-mitgliederversammlung> entnehmen.

Vorläufige Tagesordnung:

1. Begrüßung
2. Genehmigung der Tagesordnung
3. Bericht des Vorstands und der Geschäftsstelle
4. Finanzbericht
5. Bericht der Rechnungsprüfer
6. Entlastung des Vorstands
7. Wahl der Rechnungsprüfer
8. Berichte aus den Fachausschüssen und Fachgruppen
9. Verschiedenes
10. Termin der nächsten Mitgliederversammlung

Wir würden uns freuen, viele DEGA-Mitglieder auf dieser Versammlung in Stuttgart oder im Internet zu treffen! ■

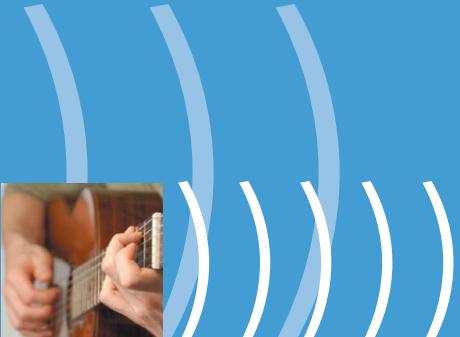
*Jesko Verhey,  
Präsident der DEGA*

### ■ Memorandum zur ASR A3.7 „Lärm“

Der Fachausschuss Bau- und Raumakustik hat im November 2021 ein Memorandum zur ASR A3.7 „Lärm“ und den anerkannten Regeln der Technik in der Raumakustik herausgegeben.

Es ist unter der Bezeichnung DEGA BR 0107 erschienen und kann unter <https://www.dega-akustik.de/online-publikationen> heruntergeladen werden.

Im diesem Memorandum wird eine fachliche Stellungnahme zur Einordnung der Technischen Regel ASR A3.7 „Lärm“ im Hinblick auf die Praxis der raumakustischen Planung von Räumen abgegeben. Weiterhin wird Stellung bezogen zu der Frage nach den anerkannten Regeln der Technik in der Raumakustik. ■


**Akustikbüro**  
Schwartzenerger und Burkhart

**Beratung und Planung**  
**Messen von Schall und Erschütterungen**  
**Gutachten**

**Bauakustik, Raumakustik** Öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige  
Beschallungstechnik VMPA - Schallschutzprüfstelle  
Schall-Immissionsschutz Messstelle § 29 BlmSchG für Geräusche und Erschütterungen  
Erschütterungsschutz Beratende Ingenieure  
Thermische Bauphysik Verantwortliche Sachverständige nach § 2 Absatz 1 der ZVEnEV  
Akkreditiertes Prüflaboratorium gemäß DIN EN ISO/IEC 17025: 2005  
Wir arbeiten mit dem Qualitätsmanagement nach ISO 9001: 2008

**Hindenburgstraße 34 a**  
82343 Pöcking am Starnberger See  
Tel 08157 / 93 35 -0, Fax -99  
anfrage@akustikbuero.com  
www.akustikbuero.com

**Schallschutz**  
**Wärmeschutz**  
**Bauphysik**

# UMFOTEC



ACOUSTIC  
SOLUTIONS

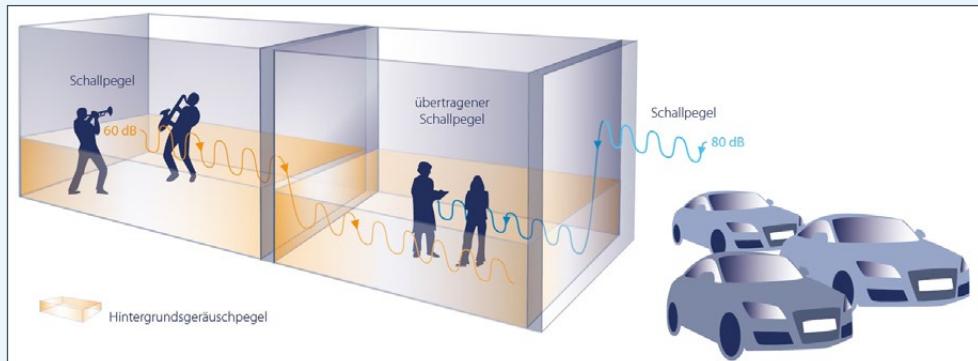
- **Weltmarktführer von Resonatoren für Turbolader**
  - Edelstahl, Aluminium, technische Kunststoffe
  - Maximale Dämmung, minimaler Druckverlust
  - Robust auch mit kontaminierten Medien
- **NEU: Resonatoren für Kältekreisläufe**
  - „Best-in-Class“ akustische Wirkung pro benötigten Bauraum
  - Für konventionelle und CO2 KFZ-Klimaanlagen
  - Gerade und 90° Konfiguration von Eingang zu Ausgang
  - Für Saugseite und Druckseite (9/12/12,7/19mm)



info@umfotec.de; Umfotec GmbH Northeim; Tel.: 05551/9868-0

## ■ Fachausschüsse und Fachgruppen der DEGA stellen sich vor (Teil 7)

### Fachausschuss Bau- und Raumakustik



Der Fachausschuss „Bau- und Raumakustik“ wird in diesem Jahr seine 60. Sitzung durchführen. Das genaue Gründungsdatum lässt sich wie so manches in diesem Fachgebiet der Akustik kaum genau rekonstruieren. Der Ausschuss funktioniert gut und hat sich bewährt. Derzeit hat der Ausschuss ca. 330 Mitglieder.

Die folgenden Themen werden behandelt:

- Baulicher Schallschutz von Gebäuden
- Lärmschutz im Städtebau
- Raumakustik zur Schaffung einer guten Hörsamkeit von Aufenthalts- und Zuhörerräumen
- Raumakustik zur Verbesserung der Lärmsituation von Arbeitsstätten
- Gremien- und Normungsarbeit
- Prüfwesen im Labor und am Bau
- Aus- und Weiterbildung

Diese Themen betreffen viele Menschen in ihrem täglichen Leben. Die Ruhe und Erholung im Privaten durch einen angemessenen Schallschutz im Wohnumfeld, der Schutz vor störenden Geräuschen aus den zunehmend, urban genannten und damit, lauteren Städten, wie auch die Hörbedingungen und arbeitsschutzrechtlichen Aspekte in den Räumen des alltäglichen Lebens sind Themen im Fachausschuss. Hierbei geht es nicht nur um Gesundheitsschutz vor unerwünschten Geräuschen, sondern auch und gerade um Komfort und auch Genuss von Musik, Theater und anderen kulturellen Genres. Der Fachausschuss lebt von seinen Treffen und dem kollegialen Austausch, traditionell während der DAGA und im Herbst an besonderen (Hör-)Orten oder auch bei Herstellern und Anwendern. Ergebnisse dieser Erfahrungsaustausche werden in mittlerweile fünf Memoranden, einer Stellungnahme und einer DEGA-Empfehlung nicht nur in Fachkreisen diskutiert und angewendet. Insbesondere die DEGA-Empfehlung 103 „Schallschutz im Wohnungsbau – Schallschutzausweis“ kann seit dem ersten Erscheinen vor gut 10 Jahren und der Fortschreibung im Jahr 2018 als wegweisend für den Schallschutz, weit über die DEGA hinaus, bezeichnet werden.

Die enge Verzahnung mit Normungsgremien bei DIN, CEN und ISO, wie auch den Güteprüfstellen des VMPA, lassen die Arbeit des Fachausschusses in viele Richtungen strahlen. Die Fachkommission Schallschutz ist seit 2012 ein Gremium der DEGA. Die jährliche Informationsveranstaltung von DEGA, PTB und VMPA für Schallschutzprüfstellen, und auch das schon fast legendäre „Beschlussbuch“ sind hier als Höhepunkte zu nennen. Zahlreiche Normungsgremien bei DIN, CEN und ISO wären ohne die Aktiven aus den Reihen des DEGA-Fachausschusses deutlich ruhiger – die Zuordnung zu interessierten Kreisen erfordert hier eine gewisse Kreativität, die im Fachausschuss auch sonst gelebt wird.

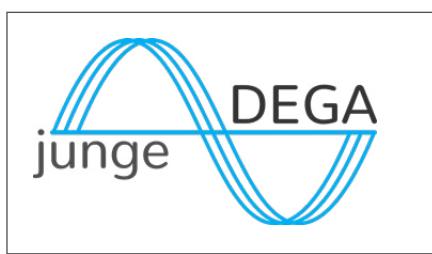
Zahlreiche, teilweise öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige unter den Mitgliedern des Fachausschusses folgen der und gestalten die stetig wachsende Rechtsprechung, die gerade im Bereich der Bauakustik und des Schallimmissionsschutzes zu verzeichnen ist. Die DEGA-Akademien zur Bau- und Raumakustik und andere Fortbildungsangebote von Mitgliedern des Fachausschusses bei Kammern, Bildungsträgern und weiteren Gelegenheiten bringen das Wissen aus dem Fachausschusses auch weiteren Interessierten näher.

Die stets ca. 100 Teilnehmenden der letzten, leider nur online (hybrid) durchgeführten Sitzungen des Fachausschusses dokumentieren das stete Interesse am kollegialen Austausch. Wer ebenso daran Interesse hat, kann dem FA Bau- und Raumakustik jederzeit über eine schriftliche Mitteilung an die Geschäftsstelle der DEGA beitreten. ■

Christian Nocke, Henning Alphei, Tobias Kirchner

## ■ Fachausschüsse / Fachgruppen

### Fachgruppe „junge DEGA“



Vorsitzender:

Vincent Radmann, Technische Universität Berlin  
viradmann@aol.com

Die DAGA 2022 in Stuttgart klopft so langsam an die Tür und wir sind mitten in den Vorbereitungen. Auch in diesem Jahr lässt die Pandemiesituation keine reine Präsenzveranstaltung zu, aber da wir ja inzwischen alle darin etwas Übung haben, wird auch die junge DEGA wieder mit einem bunten Programm vor Ort und online dabei sein. Ihr könnt euch freuen auf All-Time-Favorites, wie den Icebreaker oder den Kneipenabend. Aber auch auf vergleichsweise neue Programm punkte, die in Wien schon ihr Potenzial angedeutet haben. So wird es wieder eine Podiumsdiskussion und „Research in Short(s)“ in Kombination mit Power-Point-Karaoke geben. In maximaler Kürze ein akustisches Thema unterhaltsam vortragen, ist hier die Devise. Wenn ihr Lust darauf habt, schaut auf <https://www.daga2022.de/programm/research-in-shorts> vorbei. Die Anmeldung läuft bis 14.03. und auch in diesem Jahr gibt es wieder Preise zu gewinnen.

Neben der Kür ruft auch die Pflicht auf dem diesjährigen Fachgruppentreffen der jungen DEGA, welches ebenfalls hybrid stattfinden wird und auf dem eine neue Leitung gewählt wird:

am Dienstag, den 22. März 2022

von 12:20 bis 13:20 Uhr

im Hörsaal 9-01 (bzw. online)

Tandems und Interessierte des Mentoring-Programms sind außerdem herzlich eingeladen, beim Mentoring-Café vorbeizuschauen. Dort besteht die Möglichkeit für die Tandems, sich einmal persönlich kennenzulernen und für alle anderen zu erfahren, was es mit dem Mentoring-Programm auf sich hat.

Weitere Informationen zur jungen DEGA findet ihr unter <https://www.dega-akustik.de/jd>.

Vincent Radmann

### Arbeitsring Lärm der DEGA (ALD)



Vorsitzender:

Dr. Christian Beckert, Magdeburg  
c.beckert@ald-laerm.de

### Sitzung des ALD auf der DAGA 2022

Die nächste Sitzung des ALD wird in hybrider Form

am Mittwoch, den 23. März 2022

von 12:40 bis 14:00 Uhr

im Hörsaal 47-01 (bzw. online) stattfinden.

### Strukturierte Sitzung des ALD zum Schienenverkehrslärm auf der DAGA 2022 in Stuttgart

Der ALD wird – wie schon auf der DAGA 2021 in Wien – eine strukturier te Sitzung zum Schienenverkehrslärm abhalten. Es soll ein aktueller Überblick über den Stand und die Entwicklung der Bekämpfung des Schienenverkehrslärms gegeben werden. Für die Sitzung sind 21 Vorträge angemeldet, die vier Blöcken zugeordnet sind:

- A. Allgemeine Vorträge zum Lärm schutz an der Schiene
- B. Sonderthemen (Psychoakustik, AVV Baulärm, Passiver Schallschutz)
- C. Lärmschutz an den Fahrzeugen (Flachstellen usw.)
- D. Lärmschutz an den Schienenwegen Besonders hingewiesen wird auf den Block A: In ihm werden wichtige nationale Akteure einen Überblick über die aktuelle und geplante Lärmschutzpolitik an den Schienenwegen präsentieren (Bundesregierung vertreten durch das Bundesverkehrsministerium BMVI/

BMDV und das Eisenbahn-Bundesamt, Deutsches Zentrum für Schienenverkehrs forschung, TU Berlin).

### ALD und BVF fordern weniger Flug lärm

In fast allen Lebensbereichen führt die Coronapandemie zu Einschränkungen und Veränderungen. Davon ist auch der ALD betroffen, weil ein wichtiger Teil seiner Tätigkeit in der Vorbereitung und Durchführung öffentlicher Veranstaltungen besteht, bei denen Betroffene und Fachleute über Schritte zur Minderung des Umgebungslärms diskutieren. Da zurzeit Präsenzveranstaltungen nur sehr schwer planbar sind, hat der ALD für sich ein neues Format entwickelt. Dabei werden Podiumsdiskussionen intensiv vorbereitet, filmisch aufgezeichnet, geschnitten und dann über die ALD-Internetseite (<https://www.ald-laerm.de/ald/projekte-des-ald/2021/ald-panel-fluglaerm>) interessierten zugänglich gemacht. Mit diesem Format verbindet die ALD-Leitung die Erwartung, auch einen Interessentenkreis zu erreichen, der eine kompakte und jederzeit zugängliche Information sucht.

Zwangsläufig führen die Coronabeschränkungen jedoch auch zu Änderungen in unserem Mobilitätsverhalten. So gingen 2020 die Passagierzahlen im Luftverkehr erheblich zurück, was in der Umgebung der Flughäfen zu einer deutlichen Lärmentlastung führte. Das dürfte zwar nur ein temporärer Effekt sein, denn die Luftverkehrswirtschaft erwartet schon in naher Zukunft, wieder das frühere Niveau bei den Passagierzahlen zu erreichen. Aber Lärm geht auch von der allgemeinen Luftfahrt aus, wodurch vor allem das Umfeld der rund 400 Landeplätze in Deutschland betroffen ist.

Unter der Moderation von Margit Bonacker (konsalt GmbH, Hamburg) diskutierten im ersten ALD-Panel Dr. Christian Beckert (ALD-Vorsitzender, Magdeburg), Wolfgang Born (Beirat der Bundesvereinigung gegen Fluglärm e.V. (BVF), Braunschweig) und Dr. Gudrun Pieroh-Joußen (Fluglärm schutzbeauftragte in der Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft, Hamburg). Zu Beginn wurde darauf hingewiesen,

dass Fluglärm nach einer Umfrage des Umweltbundesamtes von 2019 von rund einem Fünftel der Menschen in Deutschland als äußerst stark, stark oder mittelmäßig belästigend empfunden wird. In der Diskussion wurde herausgearbeitet, dass Defizite in der Rechtsetzung, die sich bis in die Genehmigungspraxis auswirken, maßgeblich zu dieser Situation beitragen. So forderte Wolfgang Born, dass die Landeplatzlärm schutzverordnung für alle Landeplätze gelten soll, d. h. die Einschränkung auf jene wenigen Plätze mit mehr als 15.000 Flugbewegungen pro Jahr soll entfallen. Unabhängig davon gehört die Verordnung insgesamt auf den Prüfstand, da sie weder technische Entwicklungen zur Lärmreduzierung an Fluggeräten der letzten zwei Jahrzehnte noch die in dieser Zeit gewonnenen Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung berücksichtigt. Von Christian Beckert wurde die Novellierung des Fluglärmgesetzes auf der Grundlage des Fluglärmberichtes 2017 des Umweltbundesamtes (UBA Texte 56/2017) gefordert. Er bedauerte, dass in der letzten Legislaturperiode nicht einmal die kleinen Schritte ausgeführt wurden, die die Bundesregierung in ihrem Bericht an den Bundestag (BT-Drs. 19/7220) nennt. Das betrifft beispielsweise die Vermeidung von Verkleinerungen bei der turnusgemäßen Überprüfung der Lärmschutzbereiche, die Erweiterung von Ansprüchen auf baulichen Schallschutz für Grundschulen, Kindertageseinrichtungen einschließlich der dort tagsüber genutzten Schlafräume und Krankenhäuser sowie ergänzende Regelungen für eine vorbeugende, lärmorientierte Siedlungs entwicklung im Flugplatzumland. Gudrun Pieroh-Joußen berichtete, dass die Genehmigung für den Hamburger Flughafen u. a. mit der Festlegung einer Lärm-Kontingentierung deutlich fortschrittlicher als der Gesetzgeber auf Bundesebene ist. Hamburg hat gute Erfahrungen mit einer derartigen, vom Flughafen mitgetragenen Regelung gemacht, zumal diese den von Lärm betroffenen Menschen eine klare Perspektive bietet, in welchem Maß die Fluglärm belastung in Zukunft sinken wird.

Der ALD wird in Abstimmung mit der BVF den Bund und die Genehmigungsbehörden drängen, den Schutz der Menschen vor Fluglärm in Einklang mit den Erkenntnissen der Lärmwirkungsforschung zu verbessern und dabei auch die Möglichkeiten zu nutzen, die der Stand der Lärmreduzierungstechnik inzwischen bietet. ■

Christian Beckert

Christian Popp

Dirk Schreckenberg

## Fachausschuss Bau- und Raumakustik



Vorsitzender:

Dr. Christian Nocke, Akustikbüro Oldenburg  
info@akustikbuero-ol.de

Nach langem Warten und in froher Erwartung konnte am 11.11.2021 eine erste Sitzung des Fachausschusses bei Fa. Hamberger in Rosenheim durchgeführt werden. Aufgrund der langen Pause mit Treffen in Präsenz wurde schon am Vortag (10.11.2021) um 16 Uhr das Orgelzentrum Valley besichtigt. Eine fachkundige und mit kurzen Orgeleinspielungen gespickte Vorstellung und Erläuterung durch Herrn Dr. Sixtus Lampl bleibt sicherlich allen Teilnehmenden lange im Ohr. Details zur Zollinger Halle des Orgelzentrums sind in entsprechenden DAGA-Veröffentlichungen zu finden. Unter den im November 2021 geltenden Hygienebedingungen konnte der erste Tag bei bayerischer Verköstigung im kollegialen Austausch beendet werden.

Unter inzwischen weit verbreiteten 2G+-Bedingungen wurde am 11.11.2021 die gut dreistündige Fachausschuss-Sitzung mit ca. 25 Personen vor Ort sowie nahezu doppelt so vielen online hinzugeschaltet (in Summe ca. 75 Personen) durchgeführt. Hier gebührt besonderer Dank der

Fa. Hamberger, die neben den Tests zum sicheren Einlass, den Tagungsraum mit modernster Videotechnik für die Hybrid-Sitzung und die leckere Mittags-Verpflegung zur Verfügung gestellt hat. Herrn Dr. Hamberger sowie Frau Keim danken wir an dieser Stelle für die herzliche und informative Aufnahme sowie perfekte Organisation. Aufgrund der Pandemielage konnte die vielversprechende Werksbesichtigung leider nicht durchgeführt werden. Das folgende Bild entstand in den Ausstellungsräumen (links: Dr. Peter Hamberger, rechts: Heidrun Keim).



Der Nachmittag des 11.11.2021 startete mit einer Besichtigung der vielen nur aus Prüfzeugnissen und Publikationen bekannten Prüfstände des Instituts für Fenstertechnik ift in Rosenheim und klang schließlich mit der Besichtigung der St. Josef Kirche, Holzkirchen, aus. Für den 2018 errichteten Kirchenneubau wurde Müller-BBM der DEGA-Preis für Kommunikationsräume 2021 verliehen. Knapp eineinhalb Tage mit dem DEGA-Fachausschuss vergingen wie im Fluge und führten zu durchweg positiven Rückmeldungen.

Zur diesjährigen DAGA in Stuttgart ist eine Sitzung des Fachausschusses vorgesehen:

am Donnerstag, den **24. März 2022**

von **12:30 bis 14:00 Uhr**

im **Hörsaal 47-01** (bzw. online)

Aktuell wird das Treffen wiederum als Hybrid-Sitzung geplant, diesmal auch mit Zugangsmöglichkeit für Nicht-DAGA-Teilnehmende.

Der aktuelle Planungsstand zur Tagesordnung der 60. Sitzung ist wie folgt:

1. Beschluss der Tagesordnung
2. Verabschiedung des Protokolls der 59. Sitzung
3. Berichte:
  - VMPA-Kommission
  - Normung bei DIN, CEN und ISO

4. tba (Eingaben und Hinweise zu Themen jederzeit willkommen)
5. Weitere Aktivitäten mit und durch den Fachausschuss
6. Ort und Termin der nächsten Sitzung
7. Verschiedenes

Weitere Themen aus dem Fachausschuss sind jederzeit willkommen. Zu der Sitzung am 24.03.2022 wird rechtzeitig eine separate Einladung mit der finalen Tagesordnung und den Einwahl-Daten verschickt.

*Christian Nocke  
Henning Alphei  
Tobias Kirchner*

## Fachausschuss Elektroakustik



Vorsitzender:  
Dr.-Ing. Daniel Beer, Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDMT  
beer@idmt.fraunhofer.de

Liebe Mitglieder des Fachausschusses Elektroakustik,  
für das neue Jahr wünscht die Fachausschussleitung allen den nötigen Erfolg und die Freude am Fach. Insbesondere ist zu hoffen, dass sich die Lage für die vielen betroffenen Kollegen aus dem Showgeschäft wieder normalisiert.

Auch im Jahr 2022 gibt es die alljährlichen Termine. So wird es vom 21.-24. März die DAGA in Stuttgart geben. Diese wird nach der bisherigen Planung im hybriden Format stattfinden. Neben der allgemeinen Sitzung zu „Elektroakustik und Signalverarbeitung“ hat der Fachausschuss auch drei strukturierte Sitzungen angemeldet. Leider gibt es aber nur für die strukturierte Sitzung „Höranlagen – Wo stehen wir heute und was bringt die Zukunft?“ ausreichend eingereichte Beiträge. Sie wird wie geplant stattfinden. Für die strukturierten Sitzungen „MEMS-Lautsprecher – Was müssen sie leisten?“ und „Intelligent Loudspeaker

Control: Research vs. Practical Needs“ gab es zu wenig Beitragseinreichungen, weshalb diese in die allgemeine Sitzung zur Elektroakustik und Signalverarbeitung eingegliedert werden.

Mit der DAGA 2022 ist auch die Mitgliederversammlung und in diesem Jahr die Wahl der Fachausschussleitung verbunden:

am Mittwoch, den **23. März 2022**  
von **12:40 bis 14:00 Uhr**  
im **Hörsaal 57-02** (bzw. online).

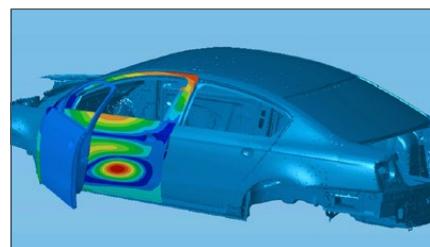
Nähere Informationen wird es dazu noch per E-Mail geben.

Für das Jahresende ist wieder ein Herbsttreffen geplant. Allerdings hängt dessen Gestaltung von der dann gewählten Fachausschussleitung ab, sodass an dieser Stelle nicht vorgegriffen werden kann.

Die Fachausschussleitung bedankt sich an dieser Stelle für die treue Begleitung und Unterstützung durch die Mitglieder und Interessenten in den vergangenen Jahren. Es war eine Freude, dass trotz aller Herausforderungen sehr schöne Treffen, Veranstaltungen und Beiträge geleistet werden konnten!

*Tilmann Koch  
Daniel Beer*

## Fachausschuss Fahrzeugakustik



Vorsitzender:  
Prof. Dr. M. Ercan Altinsoy, Technische Universität Dresden  
ercan.altinsoy@tu-dresden.de

Der Workshop des Fachausschusses Fahrzeugakustik fand erfolgreich am 19.01.2022 online statt. An dem Workshop nahmen insgesamt 38 Mitglieder teil. In zwei Vorträgen und einer anschließenden Diskussionsrunde wurden aktuelle Themen der Fahrzeugakustik diskutiert. Herr Martin Burkhardt hat einen Vortrag zum Thema „Stand der

Technik und Herausforderungen bei der hochfrequenten Lagercharakterisierung“ gehalten. Herr Tobias Vöhringers Vortrag hatte das Thema „EMV-Auswirkungen auf Akustikmessungen bei e-Drive Applikationen“.

Die nächste Sitzung des Fachausschusses auf der DAGA 2022 wird am Dienstag, den **22. März 2022**  
von **12:40 bis 13:40 Uhr**  
**ausschließlich online** (!)

stattfinden. Den Microsoft-Teams-Link werden die Mitglieder per E-Mail erhalten. Mitglieder, die an der DAGA vor Ort teilnehmen, müssen zur Teilnahme an der Sitzung ein eigenes Gerät verwenden. Dies sind die vorläufigen Tagesordnungspunkte:

1. Feststellung der Beschlussfähigkeit
2. Beschluss zur vorläufigen Tagesordnung
3. Neue Geschäftsordnung
4. Online-Workshops 2022
5. Webinar
6. Messtechnik-Symposium
7. Herbstworkshop
8. Sonstiges

*Ercan Altinsoy*

## Fachausschuss Hörakustik



Vorsitzende:  
Prof. Dr. Janina Fels, RWTH Aachen  
Janina.Fels@akustik.rwth-aachen.de

Die nächste Sitzung des Fachausschusses findet in hybrider Form statt,  
am Donnerstag, den **24. März 2022**  
von **12:30 bis 13:30 Uhr**  
im **Hörsaal 9-0208** (bzw. online).  
Mitglieder erhalten die Einladung mit Tagesordnung demnächst per E-Mail.

*Janina Fels  
Bastian Epp*

## Fachausschuss Lärm: Wirkungen und Schutz



Vorsitzender:

Prof. Dr. André Fiebig, Technische Universität Berlin  
andre.fiebig@tu-berlin.de

Wir laden alle Mitglieder und Interessierte des FA Lärm herzlich zur Fachausschuss-Sitzung im Rahmen der DAGA 2022 in Stuttgart ein. Die Sitzung ist aktuell als Hybrid-Sitzung geplant und wird am

Dienstag, den **22. März 2022**

von **13:00 bis 13:40 Uhr**

im **Hörsaal 57-05** (bzw. online)

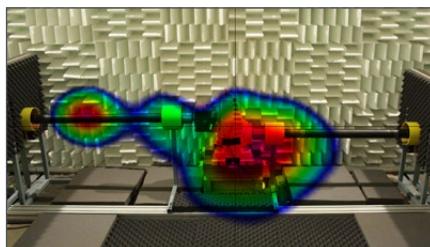
stattfinden bzw. kann gern auch online besucht werden. Die Online-Teilnahme an der Fachausschuss-Sitzung ist nicht auf DAGA-Angemeldete beschränkt. Die Tagesordnung ist wie folgt geplant:

1. Feststellung der Tagesordnung
2. Bericht über die Aktivitäten des FA Lärm
3. Termine und Planung von Veranstaltungen des FA Lärm (Tag gegen Lärm 2022, FA Lärm Herbstworkshop)
4. Wahl der Leitung des FA Lärm
5. Verschiedenes

Wir freuen uns auf Ihre Teilnahme, ob vor Ort oder online. ■

André Fiebig  
Frederik Gast

## Fachausschuss Physikalische Akustik



Vorsitzender:

Prof. Dr. Joachim Bös, Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDMT  
joachim.boes@idmt.fraunhofer.de

### Herbstworkshop am **21./22.10.2021** in Bad Honnef

Am 21. und 22. Oktober 2021 fand im Physikzentrum Bad Honnef der 26. DEGA-Workshop Physikalische Akustik statt, diesmal zum Thema „Modelle der physikalischen Akustik“. Die wissenschaftliche Organisation lag in den Händen von Christian Adams, Matthias Klärner und Ivor Nissen. Man merkte allen Anwesenden an, wie wohltuend es war, sich nach langer Zeit wieder einmal persönlich treffen und austauschen zu können. Die 18 Teilnehmenden lauschten zehn spannenden Vorträgen zu Themen wie z.B. Modelle in der Hydroakustik, überströmte Schallabsorber, Identifikation der Materialparameter klassischer Gitarren oder Ray Tracing in der Atmosphäre für die Auralisierung von Fluglärm. Die Fragen und Diskussionen direkt im Anschluss an die Vorträge unterstrichen das große Interesse an den vorgestellten Themen, Modellen und Ansätzen. Auch in den Pausen, bei den Mahlzeiten und während der Abendveranstaltung wurde weiter eifrig diskutiert und gefachsimpelt, aber auch die soziale Komponente kam nicht zu kurz. Vielen Dank an alle, die den Workshop vorbereitet, mitgestaltet und daran teilgenommen haben!

### Fachausschusssitzung am **21.10.2021**

Im Rahmen des o.g. 26. DEGA-Workshops fand am 21.10.2021 auch eine Fachausschusssitzung statt. Da nur fünf der zum damaligen Zeitpunkt 52 Fachausschussmitglieder anwesend waren, war der Fachausschuss nicht be-

schlussfähig. Das war aber nicht weiter schlimm, weil ohnehin keine wichtigen Entscheidungen und Abstimmungen anstanden. Im Wesentlichen wurde die Liste der durch Fachausschussmitglieder (mit)organisierten Strukturierten Sitzungen für die DAGA 2022 in Stuttgart (siehe unten) gesichtet und ergänzt. Außerdem wurde noch einmal zu Beiträgen aus dem Fachausschuss für das Akustik Journal aufgerufen.

### Strukturierte Sitzungen für die DAGA 2022 in Stuttgart

Von und mit Mitgliedern des Fachausschusses Physikalische Akustik werden für die kommende DAGA 2022 in Stuttgart u. a. die folgenden Strukturierten Sitzungen organisiert und durchgeführt: Vorkolloquium „Künstliche Intelligenz für akustische Sensorsysteme“ (André Gerlach und Jens Prager), „AI-based methods for audio analysis and knowledge extraction“ (Saichand Gourishetti und Christian Adams), „Meeresakustik und Wasserschall“ (Jan Abshagen, Ivor Nissen und Gerhard Schmidt), „Messung und Simulation bewegter akustischer Quellen“ (Henri Siller und Martin Ochmann) und „Philosophie in der Akustik“ (Podiumsdiskussion; Monika Gatt).

### Nächste Fachausschusssitzung

Die nächste Fachausschusssitzung wird im Rahmen der DAGA 2022 in Stuttgart am **Donnerstag, den 24. März 2022**

von **13:15 bis 14:00 Uhr**

im **Hörsaal 57-04** (bzw. online)

stattfinden.

Damit wir dann auch wieder beschlussfähig sind, wäre es schön, wenn möglichst viele Fachausschussmitglieder teilnehmen könnten. Aber auch Interessierte sind natürlich herzlich dazu eingeladen!

### Thema für den Herbstworkshop 2022 in Bad Honnef

Das Thema für den nächsten, dann 27. DEGA-Workshop Physikalische Akustik im Herbst 2022 lautet „Infraschall und tieffrequenter Schall“. Der Workshop wird am 29./30. September (nicht, wie sonst üblich, erst im Oktober!) 2022 ebenfalls im Physikzentrum Bad Honnef stattfinden und in Kooperation mit dem

Fachausschuss Lärm: Wirkungen und Schutz und dem ALD organisiert und durchgeführt werden. ■

Joachim Bös

## Fachausschuss Strömungsakustik



Vorsitzender:  
Prof. Dr. Manfred Kaltenbacher, Technische Universität Graz  
manfred.kaltenbacher@tugraz.at

Bei der DAGA 2022 in Stuttgart ist der Fachausschuss mit der strukturierten Sitzung „Benchmarks in der Strömungsakustik“ (Felix Czwielong und Stefan Schoder) vertreten.

Die diesjährige Akademie Strömungsakustik, welche vom 21.-24. Februar 2022 in Anbetracht der gegenwärtigen Covid-Lage online stattfindet, hat ein neues überarbeitetes Konzept, das aus zwei Kursen besteht:

- Strömungsakustik 1 – Grundlagen, Auslegungen und industrielle Anwendungen;
- Strömungsakustik 2 – Theorie und Numerische Berechnungsverfahren und Anwendungen.

Der Kurs 1 lehrt die Strömungsakustik von den Grundlagen zu den Anwendungen in kompakter und praxisnaher Form. Der Kurs 2 ergänzt den Kursteil 1 und ist eine Erweiterung und Vertiefung. Er lehrt die Theorie der Strömungsakustik und gibt einen intensiven Einblick in die Berechnungsverfahren. Es wird der momentane Entwicklungsstand in der Behandlung strömungsakustischer Fragestellungen aufgezeigt.

Die Sitzung des Fachausschusses auf der DAGA 2022 in Stuttgart, zu der wir alle Mitglieder des FA-Strömungsakustik sowie Interessenten herzlich einladen

möchten, findet statt am  
Mittwoch, den **23. März 2022**  
von **13:00 bis 14:00 Uhr**  
im **Hörsaal 47-02** (bzw. online).

Hierzu schlagen wir folgende Tagesordnung vor:

1. Begrüßung, Feststellung der Beschlussfähigkeit, Vorstellung und Beschluss der Tagesordnung
2. Bericht des Vorsitzenden
3. Diskussion zum Bericht
4. Wahl der Leitung
5. Planung der nächsten Aktivitäten des Fachausschusses
6. Sonstiges

Wir freuen uns über eine rege Teilnahme sowohl an der FA-Sitzung als auch an den Vorträgen zur Strömungsakustik und wünschen allen eine angenehme Anreise zur DAGA 2022 in Stuttgart. ■

Manfred Kaltenbacher

Lars Enghardt

Marc Schneider

## Fachausschuss Ultraschall



Vorsitzender:  
Prof. Dr. Claus-Dieter Ohl, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
claus-dieter.ohl@ovgu.de

### Rückblick Workshop Kavitation 2021

Einer inzwischen langjährigen Tradition folgend, fand der Workshop Kavitation des FA Ultraschall vom 29.11 bis 01.12.2021 im Tagungszentrum des Klosters Drübeck statt. Mit den steigenden Corona-Fallzahlen hatten sich die Organisatoren Robert Mettin (Universität Göttingen) und Claus-Dieter Ohl (Universität Magdeburg) kurzfristig entschieden, die im schönen Harz in Präsenz geplante Veranstaltung hybrid, also auch online anzubieten. Von den 58 Teilnehmern nahmen schließlich 18 am Bildschirm teil, die anderen konnten sich unter der 2G+ Regel am lange vermissten

persönlichen fachlichen Austausch erfreuen. Hierzu trugen auch die gemeinsame Wanderung im Harz und der Abend in der Gaststätte Gemeindekrug bei.



Blick in den Vortragssaal des Klosters Drübeck  
(Bild: C.-D. Ohl, OvGU Magdeburg)

Fachlich war die Tagung in 5 Themenkreise organisiert, nämlich Blasendynamik, hydrodynamische Kavitation, akustische Kavitation, Erosion, sowie Anwendungen. Daraus erkennt man auch den erfolgreichen Ansatz, die gesamte Community der Kavitation anzusprechen und insbesondere die Gruppen aus der Akustik, aus der Strömungsmechanik sowie die Anwender aus der Industrie zusammen zu bringen. Während dieses Mal in Drübeck viele bekannte Gruppen den Forschungsstand und aktuelle Probleme bzw. Lösungen in kurzen Vorträgen skizzieren, waren wir über die Attraktivität des Workshops auch für neue Gruppen positiv überrascht. Beispielhaft sei der interessante Beitrag von Mehrzad Roudini und Mitauteuren vom IFW Dresden zur Verstäubung von Flüssigkeiten mithilfe von surface acoustic waves (SAW) im hohen MHz-Frequenzbereich genannt. Hierbei wurden Materialschäden beobachtet, an deren Ursache anscheinend Kavitation beteiligt ist. Da akustische Kavitation bei derart hohen Ultraschallfrequenzen unseres Wissens nach aber bisher noch nicht nachgewiesen wurde, wäre das ein bemerkenswertes Resultat.



Zerstäubung durch SAW bei 43 MHz  
(Bild: Mehrzad Roudini, Leibniz Institute for Solid State and Materials Research, Dresden; aus Winkler et al., Biomed Microdevices (2017) 19: 9)

Als zweites Beispiel für die Vielfalt der Themen möchten wir die theoretisch/numerischen Beiträge von F. Denner,

S. Schenke und Ko-Autoren von der Uni Magdeburg erwähnen. Sie haben u. a. die Schallemission schwingender bzw. kolabierender Blasen genauer untersucht und die Erzeugung bzw. Unterdrückung harmonischer Frequenzen durch Nichtlinearität bzw. Dämpfung dargelegt. Man kann weiterhin alle Beiträge mit Abstract und auch teilweise mit den Vortragsfolien auf der Homepage des Workshops unter <https://www.soft-matter.ovgu.de/Aktuelles/Kavitationsworkshop+2021.html> finden. Dies ermöglicht einen Überblick und eine Nacharbeitung in Ruhe für alle Teilnehmer, aber auch für diejenigen, die dieses Mal nicht dabei sein konnten. Nach sehr positivem Echo werden wir uns bemühen, das sehr erfolgreiche Konzept des Workshops auch in der Zukunft weiterzuführen. Daher freuen wir uns schon auf den 9. Work-

shop Kavitation in 2023 – vielleicht schon etwas früher im Herbst. Die Organisatoren und alle Teilnehmer möchten sich noch einmal herzlichst beim Team des Tagungszentrums Dürbeck für die perfekte Verpflegung und die Hilfe in der Umsetzung des Workshops in den schwierigen Zeiten bedanken.

#### Einladung zur Sitzung des Fachausschusses

Die Sitzung des Fachausschusses auf der DAGA 2022 in Stuttgart, zu der wir alle Mitglieder und Interessenten einladen, findet in hybrider Form statt

am Dienstag, den **22. März 2022**  
von **12:15 bis 13:15 Uhr**  
im **Hörsaal 57-04** (bzw. online) ■

*Robert Mettin  
Claus-Dieter Ohl*

#### Fachausschuss Virtuelle Akustik



Vorsitzende:

Dipl.-Ing. Annika Neidhardt, TU Ilmenau  
annika.neidhardt@tu-ilmenau.de

Am 12. und 13. November 2021 fand das 14. DEGA-Symposium zum Thema „Interaktive Auralisierung für die Planung von Räumen“ in Berlin statt; einen Rückblick finden Sie auf Seite 5.

Im Dezember 2021 wurde eine neue Fachausschussleitung gewählt. Daraus ging Annika Neidhardt als neue Leiterin hervor, und Jens Ahrens und Christoph Pörschmann als Stellvertreter. Die bisherige Leitung gratuliert herzlich zur Wahl, und die neue Leitung bedankt sich für die bisher erbrachten Leistungen. Wir freuen uns auf die bevorstehende, wie gewohnt gemeinschaftlich getragene Fachausschussarbeit in veränderter Konstellation.

Mitglieder und Interessierte des FA Virtuelle Akustik sind herzlich zum Treffen auf der DAGA 2022 in Stuttgart eingeladen: Das Treffen ist für

Dienstag, den **22. März 2022**  
von **13:00 bis 13:40 Uhr**  
im **Hörsaal 7-01** (bzw. online)  
geplant, und es werden Möglichkeiten zur hybriden Teilnahme vorgesehen. ■

*Annika Neidhardt  
Franz Zotter*

## HEAD-Genuit-Stiftung

### VERBESSERTE AKUSTISCHE UMWELT – VERBESSERTE LEBENSQUALITÄT

Die HEAD-Genuit-Stiftung fördert zeitgemäße technische Verfahren, Personen und Einrichtungen aus Wissenschaft und Forschung, die sich für die Optimierung der akustischen Umwelt einsetzen.

- Gast- und Stiftungsprofessuren
- Doktoranden
- wissenschaftliche Mitarbeiter

Forschungsprojekte wie:

- Acoustic Environment on People's Emotions
- Gehörrichtige Bewertung der Lärmexposition in Kindertagesstätten
- Real-time building acoustics simulator
- Sound Quality Label für E-Bikes

## ■ Mitglieder / Fördermitglieder

Derzeit hat die Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V.

- 1.930 persönliche Mitglieder
- und 77 Fördermitglieder (Stand Januar 2022).

Über alle Leistungen und Angebote, die mit einer Mitgliedschaft verbunden sind, können sich interessierte Akustiker(innen) und Firmen auf <https://www.dega-akustik.de/mitglieder-und-beitritt> informieren.

Die Arbeit der DEGA wird dankenswerterweise durch die Fördermitgliedschaft folgender Firmen besonders unterstützt:

- ACOEM GmbH, Hallbergmoos
- Akustikbüro Schwartzenberger und Burkhart, Pöcking / Weimar
- ALN Akustik Labor Nord GmbH, Kiel
- AMC Schwingungstechnik, Asteasu (E) / Nürnberg
- Amorim Deutschland GmbH, Delmenhorst
- ARRK Engineering GmbH, München
- BASF SE, Ludwigshafen
- Baswa AG, Baldegg (CH)
- Bayer Bauphysik Ingenieurgesellschaft mbH, Fellbach
- Bertrandt Technikum GmbH, Ehingen
- BeSB GmbH, Berlin
- Brose Fahrzeugteile GmbH, Oldenburg
- CADFEM GmbH, Grafing
- CAE Software und Systems GmbH, Gütersloh
- Carcoustics TechConsult GmbH, Leverkusen
- Cervus Consult GmbH, Willich
- Cirrus Research GmbH, Frankfurt/M.
- Comsol Multiphysics GmbH, Göttingen
- DataKustik GmbH, Gilching
- Ecophon Deutschland, Lübeck
- EDAG Engineering GmbH, München
- EM Plan, Neusäß
- Gesellschaft für Sonder-EDV-Anlagen mbH, Hofheim
- Getzner Werkstoffe GmbH, Bürs (A)

- GN Bauphysik Ingenieurgesellschaft mbH, Stuttgart
- G.R.A.S., Holte (DK)
- HEAD acoustics GmbH, Herzogenrath
- HEAD-Genuit-Stiftung, Herzogenrath
- Hottinger Brüel & Kjaer GmbH, Darmstadt
- IAC Industrial Acoustics Company GmbH, Niederkrüchten
- IFB Ingenieure GmbH, Bad Teinach-Zavelstein
- Kötter Consulting Engineers GmbH & Co. KG, Rheine
- Kraiburg Relastec GmbH & Co. KG, Salzwedel
- Kurz und Fischer GmbH Beratende Ingenieure, Winnenden
- Lärmkontor GmbH, Hamburg
- Lairm Consult GmbH, Bargteheide
- Lehrstuhl Strömungsmaschinen, Universität Rostock
- Lignotrend Produktions GmbH, Weilheim-Bannholz
- Metecno Bausysteme GmbH, Blankenrain
- Microflown Technologies BV, Arnhem (NL)
- Microtech Gefell GmbH, Gefell
- Möhler + Partner Ingenieure AG, München
- Molex CVS Bochum GmbH, Bochum
- Müller-BBM Gruppe, Planegg bei München
- Norsonic Tippkemper GmbH, Oelde-Stromberg
- Novicos GmbH, Hamburg
- NTi Audio GmbH, Essen
- Odeon A/S, Lyngby (DK)
- PCB Synotech GmbH, Hückelhoven
- ProCom-Bestmann e.K., Naumburg
- Regupol BSW GmbH, Bad Berleburg
- Renz Systeme GmbH, Aidlingen
- RION Co., Ltd., Amstelveen (NL)
- Rockwool Rockfon GmbH, Gladbeck
- Röchling Automotive SE & Co. KG, Worms
- Saint-Gobain Isover G+H AG, Ladenburg
- Schaeffler Gruppe, Herzogenaurach
- Schöck Bauteile GmbH, Baden-Baden
- Sealed Air Verpackungen GmbH, Alsfeld
- Sennheiser electronic GmbH & Co. KG, Wedemark
- Siemens Industry Software GmbH, München
- Sika Automotive Frankfurt-Worms GmbH
- Sinus Messtechnik GmbH, Leipzig
- solaris Ingenieur-Consult GmbH, Chemnitz
- Sonatech GmbH & Co. KG, Ungerhausen
- SoundPLAN GmbH, Backnang
- Soundtec GmbH, Göttingen
- Spektra Schwingungstechnik und Akustik GmbH, Dresden
- Stapelfeldt Ingenieure GmbH, Dortmund
- Steffens Systems GmbH, Köln
- Sto SE & Co. KGaA, Stühlingen
- Texaa, Gradignan (F)
- Umfotec GmbH, Northeim
- Valeo Telematik und Akustik GmbH, Friedrichsdorf
- Wölfel Gruppe, Höchberg
- WRD GmbH, Aurich
- ZF Friedrichshafen AG, Friedrichshafen

# Normen/Richtlinien

## Neue Regelwerke zu den Themen Akustik und Lärminderung (Okt. 2021 – Jan. 2022)

Bezeichnung	Titel	Preis*
<b>Fachgebiet Audiologie / Medizintechnik</b>		
DIN EN IEC 60118-9	Elektroakustik – Hörgeräte – Teil 9: Verfahren zur Messung der Übertragungseigenschaften von Knochenleitungshörgeräten (IEC 60118-9:2019); Deutsche Fassung EN IEC 60118-9:2019	106,70 €
DIN EN IEC 60645-3	Akustik – Audiometer – Teil 3: Kurzzeit-Hörprüfsignale (IEC 60645-3:2020); Deutsche Fassung EN IEC 60645-3:2020	83,20 €
DIN EN ISO 21388, VDE 0753-388	Akustik – Hörsystemanpassungsmanagement (HAFM) (ISO 21388:2020); Deutsche Fassung EN ISO 21388:2021	96,76 €
E DIN EN IEC 60645-6	Akustik – Audiometer – Teil 6: Geräte zur Messung von otoakustischen Emissionen (IEC 29/1075/CDV:2021); Deutsche und Englische Fassung prEN IEC 60645-6:2021	96,40 €
<b>Fachgebiet Bau- und Raumakustik</b>		
DIN EN ISO 10052	Akustik – Messung der Luftschalldämmung und Trittschalldämmung und des Schalls von haustechnischen Anlagen in Gebäuden – Kurzverfahren (ISO 10052:2021); Deutsche Fassung EN ISO 10052:2021	106,70 €
<b>Fachgebiet Elektroakustik / Messgeräte</b>		
DIN EN 13477-2	Zerstörungsfreie Prüfung – Schallemissionsprüfung – Charakterisierung der Prüfausrüstung – Teil 2: Überprüfung der Betriebskenngrößen; Deutsche Fassung EN 13477-2:2021	158,80 €
DIN EN IEC 60263	Skalen und Größenverhältnisse zur Darstellung von Frequenzkurven und Polardiagrammen (IEC 60263:2020); Deutsche Fassung EN IEC 60263:2020	89,80 €
DIN EN IEC 60268-16	Elektroakustische Geräte – Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex (IEC 60268-16:2020); Deutsche Fassung EN IEC 60268-16:2020	239,20 €
DIN EN IEC 60268-22	Elektroakustische Geräte – Teil 22: Elektrische und mechanische Messungen an Wänden (IEC 60268-22:2020); Deutsche Fassung EN IEC 60268-22:2020	148,10 €
<b>Fachgebiet Lärmschutz</b>		
DIN EN 17479	Gehörschützer – Leitfaden zur Auswahl von Prüfverfahren für die individuelle Passung; Deutsche Fassung EN 17479:2021	114,10 €
E DIN 15905-5	Veranstaltungstechnik – Tontechnik – Teil 5: Maßnahmen zum Vermeiden einer Gehörgefährdung des Publikums durch hohe Schallemissionen elektroakustischer Beschallungstechnik	70,60 €
E DIN EN 13819-3/A1	Gehörschützer – Prüfung – Teil 3: Zusätzliche akustische Prüfverfahren; Deutsche und Englische Fassung EN 13819-3:2019/prA1:2021	63,90 €
E DIN EN 14388	Lärmschutzvorrichtungen an Straßen – Merkmale; Deutsche und Englische Fassung prEN 14388:2021	83,20 €
E DIN EN 14389	Lärmschutzvorrichtungen an Straßen – Verfahren zur Bewertung der Langzeitwirksamkeit; Deutsche und Englische Fassung prEN 14389:2021	70,60 €

Bezeichnung	Titel	Preis*
E DIN EN 17383	Lärmschutzworrichtungen an Straßen – Nachhaltigkeitsbewertung: Deklaration der Leistungsindikatoren; Deutsche und Englische Fassung prEN 17383:2021	77,30 €
E DIN EN 352-10/A1	Gehörschützer – Sicherheitstechnische Anforderungen – Teil 10: Gehörschutzstöpsel mit Audiounterhaltungseingang; Deutsche und Englische Fassung EN 352-10:2020/prA1:2021	31,40 €
E DIN EN 352-6/A1	Gehörschützer – Sicherheitstechnische Anforderungen – Teil 6: Kapselgehörschützer mit sicherheitsrelevantem Audioinput; Deutsche und Englische Fassung EN 352-6:2020/prA1:2021	31,40 €
E DIN EN 352-8/A1	Gehörschützer – Sicherheitstechnische Anforderungen – Teil 8: Kapselgehörschützer mit Audiounterhaltungseingang; Deutsche und Englische Fassung EN 352-8:2020/prA1:2021	31,40 €
E DIN EN 352-9/A1	Gehörschützer – Sicherheitstechnische Anforderungen – Teil 9: Gehörschutzstöpsel mit sicherheitsrelevantem Audioinput; Deutsche und Englische Fassung EN 352-9:2020/prA1:2021	31,40 €

### Fachgebiet Maschinen- und Fahrzeugakustik

DIN EN 15610	Bahnanwendungen – Akustik – Messung der Schienen- und Radrauheit im Hinblick auf die Entstehung von Rollgeräuschen; Deutsche Fassung EN 15610:2019	106,70 €
DIN EN 17285	Bahnanwendung – Akustik – Messung akustischer Türsignale; Deutsche Fassung EN 17285:2020	101,80 €
DIN EN ISO 2922	Akustik – Messung des von Wasserfahrzeugen auf Binnengewässern und in Häfen abgestrahlten Luftschalls (ISO 2922:2020); Deutsche Fassung EN ISO 2922:2020	77,30 €
DIN ISO 16254	Akustik – Messungen für das von Straßenfahrzeugen abgestrahlte Geräusch der Klassen M und N im Stillstand und bei niedriger Fahrgeschwindigkeit – Messverfahren der Genauigkeitsklasse 2 (ISO 16254:2016)	122,40 €
DIN ISO 362-3	Messverfahren für das von beschleunigten Straßenfahrzeugen abgestrahlte Geräusch – Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 – Teil 3: Indoor-Prüfung der Klassen M und N (ISO 362-3:2016)	137,70 €
DIN ISO/TS 13471-1	Akustik – Temperatureinfluss auf die Messung des Reifen/Fahrbahn-Geräusches – Teil 1: Temperaturkorrektur bei der Prüfung mit dem CPX-Verfahren (ISO/TS 13471-1:2017)	63,00 €
E DIN 14630/A1	Akustische Warngeräte und Kennleuchten für bevorrechtigte Wegebenutzer – Anforderungen und Funktionsprinzip; Änderung A1	22,20 €

### Fachgebiet Ultraschall / Hydroakustik

DIN 6859-1	Sicherung der Bildqualität in diagnostischen Betrieben – Teil 1: Konstanzprüfung an Ultraschallgeräten für die medizinische Diagnostik und Überwachung	108,80 €
DIN EN IEC 60565-2	Wasserschall – Hydrophone – Kalibrierung von Hydrophonen – Teil 2: Verfahren für niederfrequente Druckkalibrierung (IEC 60565-2:2019); Deutsche Fassung EN IEC 60565-2:2019	151,10 €
DIN EN IEC 63045	Ultraschall – Quellen für nicht fokussierte kurze Druckimpulse einschließlich pneumatischen und ballistischen Druckpulsquellen – Feldcharakterisierung (IEC 63045:2020); Deutsche Fassung EN IEC 63045:2020	164,10 €

\*) Download

Bezug aller o. g. Regelwerke über den Beuth Verlag (<https://www.beuth.de>); Quelle: DIN e. V. (Perinorm); ohne Anspruch auf Vollständigkeit; Preise ohne Gewähr

# Publikationen

## Übersicht

- Alle Online-Publikationen sind auf <https://www.dega-akustik.de/publikationen> frei verfügbar.
- Gedruckte Publikationen (außer <sup>4)</sup>) können bei der DEGA-Geschäftsstelle bestellt werden (Preise inkl. MwSt; zzgl. Versand; Zahlungsbedingungen siehe <https://www.dega-akustik.de/zahlung>)

	Name	gedruckt	online
Zeitschrift	Akustik Journal (drei Ausgaben pro Jahr)	0 € <sup>1)</sup>	X
	Acta Acustica <sup>®</sup>		X
Tagungsbände	DAGA-Tagungsbände „Fortschritte der Akustik“ (1970–2021)		X <sup>2)</sup>
	Proceedings ICA / INTER-NOISE		X <sup>3)</sup>
Empfehlungen und Memoranden	DEGA-Empfehlung 101: Akustische Wellen und Felder		X
	DEGA-Empfehlung 102: Mindeskanon Akustik in der Bachelor-Ausbildung		X
	DEGA-Empfehlung 103: Schallschutz im Wohnungsbau - Schallschutzausweis		X
	Memorandum „Die allgemein anerkannten Regeln der Technik in der Bauakustik“ (DEGA BR 0101)		X
	Memorandum „Schallschutz im eigenen Wohnbereich“ (DEGA BR 0104)		X
	Memorandum zur Durchführung und Dokumentation von Audio-Produktionen für wissenschaftliche Anwendungen in der Akustik (DEGA VA 1201)		X
	Memorandum „Beurteilung der Geräusche gebäudetechnischer Anlagen“ (DEGA BR 0105)		X
	Memorandum „Tieffrequente Schallübertragung von schwimmenden Estrichen“ (DEGA BR 0106)		X
	Memorandum zur ASR A3.7 „Lärm“ und den anerkannten Regeln der Technik in der Raumakustik (DEGA BR 0107)		X
Schriftenreihe „Geschichte der Akustik“	Heft 1: Von der Antike bis in das 20. Jahrhundert	10,00 €	
	Heft 2: Akustisches Wissen auf den Transferwegen	10,00 €	
	Heft 3: Preisträger europäischer Wissenschaftsakademien	10,00 €	
	Heft 4: Sondhauß-Röhre, Seebeck-Sirene	15,00 €	
	Heft 5: Von den Äolstönen bis zur Strouhal-Zahl	32,95 € <sup>4)</sup>	
	Heft 6: Von der Luftsirene bis zur russischen Aeroakustik	29,95 € <sup>4)</sup>	

	Name	gedruckt	online
	Heft 7: Lord Rayleigh, Sir Horace Lamb, Sir James Lighthill	22,95 € <sup>4)</sup>	
	Heft 8: Große Wissenschaftler mit Beiträgen zur Akustik	32,95 € <sup>4)</sup>	
	Heft 9: Kundt, Waetzmann, Schuster	26,95 € <sup>4)</sup>	
	Heft 10: Eberhard Zwicker, Lothar Cremer und Manfred Heckl	32,95 € <sup>4)</sup>	
	Heft 11: Erwin Meyer, Heinrich Barkhausen und Walter Reichardt	29,95 € <sup>4)</sup>	
<b>Fachgebiet Lärm</b>	YouTube-Video „So klingt meine Welt“		X
	YouTube-Videos „Noisella lehrt Akustik“		X
	Hörbeispiele und Geräuschesituationen		X
	Mitschnitt (Video) des ALD-Panels „Fluglärm“ vom 03.12.2021		X
	Broschüre „Lärm im Alltag“		X
	ALD-Broschüre „Energiewende und Lärmschutz“ (2016)	2,00 €	X
	ALD-Broschüre „Schienenverkehrslärm – Ursachen, Wirkungen, Schutz“ (2018)	2,00 €	X
<b>Fachgebiet Musikalische Akustik</b>	ALD-Broschüre „Straßenverkehrslärm“ (2021)		X
	ALD-Broschüre „TEchnologies of NOise Reduction (TENOR)“		X
	Tagungsband (2015) „Musikalische Akustik zwischen Empirie und Theorie“		X
	Tagungsband (2013) „Nuancen in der musikalischen Akustik“		X
	Tagungsband „International Symposium on Music Acoustics“ (ISMA 2019)		X
<b>Fachgebiet Lehre der Akustik</b>	Literaturdatensammlung Musikalische Akustik		X
	Dissertationsregister Akustik		X
	Studienführer „EAA Schola“		X
<b>Fachgebiet Hörakustik</b>	YouTube-Video „Faszination Akustik – Eine Reise durch die Welt des Schalls“		X
	Kompendium zur Durchführung von Hörversuchen in Wissenschaft und industrieller Praxis (Entwurf)		X

<sup>1)</sup> für Mitglieder<sup>2)</sup> die zugehörigen CD-/DVD-/Buchprodukte (sofern vorhanden) können weiterhin käuflich erworben werden<sup>3)</sup> Anleitung für den Zugang unter <https://www.dega-akustik.de/dega/aktuelles/ica-und-inter-noise/><sup>4)</sup> Preise ohne Gewähr; Bestellungen ausschließlich über <https://westarp-bs.de>

## ■ Buchrezension

**Ning Xiang, Jens Blauert**

**Acoustics for Engineers –**

**Troy Lectures**

**2021**

**420 Seiten**

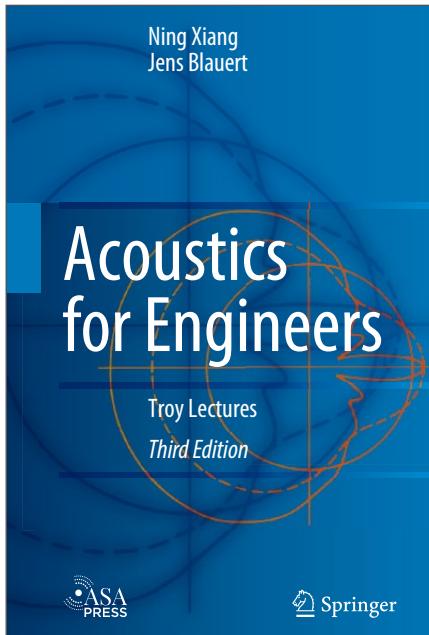
**ISBN: 978-3-662-63341-0**

**ISBN: 978-3-662-63342-7**

**Verlag: Springer-Verlag GmbH und**

**ASA Press**

**Preis: 90,94 € (Hardcover)**



Ich habe mich sehr gefreut, die frisch veröffentlichte dritte Auflage des Buches „Acoustics for Engineers“ in der Hand halten zu dürfen. In meinen Lehrveranstaltungen in Dresden verwende ich die erste und zweite Auflage des Buches seit mehr als 10 Jahren. Das Buch „Acoustics for Engineers“ von den Professoren Xiang und Blauert ist ein hervorragendes Lehrbuch für das ingenieurtechnische Studium auf dem Gebiet der Technischen Akustik. Die schon nach kurzer Zeit nachgefragte dritte Auflage beweist eindrücklich das große Interesse am Thema und die hohe Qualität des Buches. In der dritten Auflage haben einige wichtige Entwicklungen stattgefunden. Das Buch ist diesmal nicht nur vom Springer Verlag, sondern auch durch ASA Press veröffentlicht worden. Das Siegel der „Acoustical Society of America“ zeichnet das Buch als eines der wichtigsten Lehrbücher der Akustik aus. Die enthaltenen Übungsaufgaben sind aus meiner Sicht ein wichtiger Bestandteil

von hervorragenden Lehrbüchern. In dieser Ausgabe sind ausführliche Lösungsvorschläge ergänzt worden. Sie helfen beim Verständnis grundlegender akustischer Problemstellungen und werden sicher von den Studierenden sehr positiv wahrgenommen. Eine weitere Entwicklung ist die Änderung der Reihenfolge der Autoren. Damit übergibt Prof. Blauert die Hauptautorschaft an Prof. Xiang, der das Buch in der Zukunft weiterführen wird.

Die größte Spezialität des Buches ist die geschlossene Gestaltung der einzelnen Kapitel. Jedes Kapitel beinhaltet genau die Informationsmenge, die in einer doppelstündigen Vorlesung behandelt werden kann und endet mit praxisnahen Übungsaufgaben. Die Autoren empfehlen außerdem weiterführende Literatur für Studierende, welche ihre Kenntnisse in einem Teilthema vertiefen möchten. Die 14 Kapitel entsprechen genau der Anzahl der Lerneinheiten von doppelstündigen Vorlesungen für ein Semester. Das 15. Kapitel behandelt die Lösungsansätze für die Übungsaufgaben.

Sowohl theoretische als auch anwendungsorientierte Themen werden im Buch behandelt. Die theoretischen Grundlagen werden anhand von Praxisbeispielen sehr gut verständlich erläutert. Inhaltlich stellt das Buch eindrucksvoll die gesamte Bandbreite der Grundprinzipien der Schwingungslehre, der elektroakustischen Wandler sowie des Lärmschutzes dar. Mit diesem Buch ist es gelungen, ein stark mathematisch geprägtes Thema anschaulich und zugleich kompakt abzuhandeln, ohne dabei die mathematische Exaktheit und Vollständigkeit zu vernachlässigen. Darüber hinaus beinhaltet das Buch einige neue Betrachtungsweisen, welche auch für Experten und Hochschullehrer sehr wertvoll sind.

Das Buch behandelt die Schallentstehung, die Schallabstrahlung, die Schallausbreitung und die akustische Wiedergabe- und Messtechnik. Alleine drei Kapitel stellen Wandler-Prinzipien in der Akustik vor. Wichtige Grundlagen wie Kugelwellen, Elementarstrahlersynthese oder Rayleighintegral, Schallfeld-

simulation, Lautsprecherwiedergabeverfahren und Mikrofonarrays werden im Buch vorgestellt.

Aus meinen persönlichen Gesprächen mit Studierenden in meiner Grundlagenvorlesung „Akustik“ an der TU Dresden kann ich berichten, dass die Studierenden die anschauliche und leicht verständliche Schreibweise, die jeweils für eine Vorlesung angepasste Stoffmenge und die didaktisch gut aufbereiteten Übungsaufgaben schätzen.

Man kann den Autoren nur dankbar sein, dass sie ihr Erfahrungswissen und das Ergebnis ihrer langjährigen Lehrtätigkeit einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung stellen.

Ich bin überzeugt, dass dieses Grundlagenwerk auch in der dritten Auflage noch viele angehende und praktizierende Generationen von Akustikerinnen und Akustikern prägen wird. ■

*Ercan M. Altinsoy*

*TU Dresden*

# Optimale Schalldämmung im Trockenbau für leichte Holzdecken

Neue Versuchsergebnisse an leichten Holzdecken zeigen das große Potential bei der Schalldämmung, welches über reine Trockenbaulösungen erreicht werden kann.

Im Laborversuch wurde mit einem punktuell elastisch gelagerten Trockenestrich und einer elastisch abgehängten Unterdecke eine Verbesserung im **Trittschall von 32dB** und im **Luftschall von 26dB** gemessen.

Als Bodenlagerung wurden die neuen **AMC Akustik Floor Mounts** verwendet, als Unterdeckenabhänger die **AMC Akustik Super T-60**. Bei beiden Produkten kommt als Elastomer ein auf die jeweilige Belastung abgestimmtes Sylomer® zum Einsatz, wodurch sehr tiefe Eigenfrequenzen im Bereich von ca. 10Hz entstehen.

**AMC**  
MECANOCAUCHO  
AMC Schallschutzabhänger  
Die Referenz im Bereich der schalltechnisch optimierten Unterdeckenabhänger

## Bodenlagerung:

### AMC-Akustik Floor Mount

(Min. Eigenfrequenz: 10Hz)



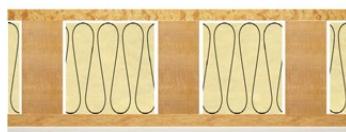
## Unterdeckenabhänger:

### AMC-Akustik Super T-60 Nonius

(Min. Eigenfrequenz: 7Hz)

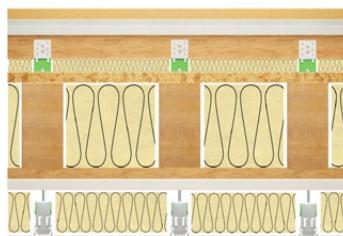


## Referenzaufbau R



- 22mm Spanplatte
- 120x180 mm Holzbalken (100mm Mineralwolle)
- 24 mm Holzlatten
- Gipskartonplatte
- Gewicht/m<sup>2</sup>: 45,5kg

## Schalltechnisch optimierte Trockenbaulösung S

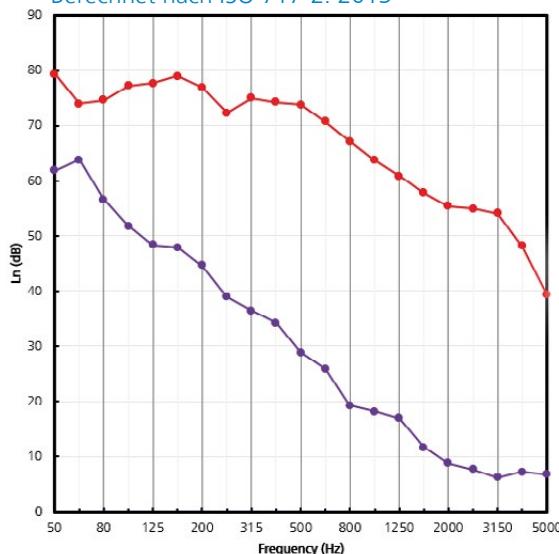


- Rigidur H13 BR - 13mm (Zementplatte)
- Rigidur 20mm
- 50mm Holzlatten (+Mineralwolle)
- **AMC-Akustik + Sylomer® Floor Mount 25**
- 22mm Spanplatte
- 120x180 mm Holzbalken (100mm Mineralwolle)
- 24 mm Holzlatten + 1 Gipskartonplatte
- **AMC-Akustik + Sylomer® Super T60 Unterdeckenabhänger** (280mm Hohlraum mit 90mm Mineralwolle)
- 2 GKP mit 12,5mm

## Versuchsergebnisse

### ERGEBNISSE TRITTSCHALL

Berechnet nach ISO 717-2: 2013

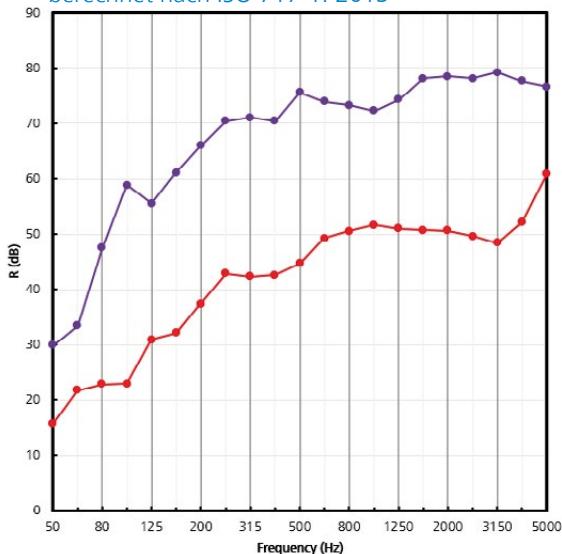


**R** 70,6 (0) dB

**S** 38,3 (2) dB

### ERGEBNISSE LUFTSCHALL

berechnet nach ISO 717-1: 2013



**R** 48 (-2;-7) dB

**S** 74 (-2;-7) dB

Die genauen Prüfberichte als auch detaillierte Informationen zu den verwendeten Produkten finden Sie unter [www.akustik.com/de-DE](http://www.akustik.com/de-DE)



# Impressum

## Akustik Journal Nr. 01 / Februar 2022

### Herausgeber

**Deutsche Gesellschaft  
für Akustik e.V. (DEGA)**  
eingetragen ins Vereinsregister am  
Amtsgericht Berlin-Charlottenburg, VR  
26648 B

Geschäftsstelle:  
Alte Jakobstraße 88  
10179 Berlin  
E-Mail: [dega@dega-akustik.de](mailto:dega@dega-akustik.de)  
Tel.: +49 (0)30 - 340 60 38-00  
Fax: +49 (0)30 - 340 60 38-10  
Web: [www.dega-akustik.de](http://www.dega-akustik.de)

### ISSN

2569-1597 (Print)  
2569-1600 (Online)

### Chefredaktion

Prof. Dr.-Ing. Detlef Krahé  
E-Mail: [chefredaktion-aj@dega-akustik.de](mailto:chefredaktion-aj@dega-akustik.de)

### Stv. Chefredaktion

Dr. rer. nat. Christian Koch

### Redaktionsbeirat

Prof. Dr.-Ing. habil. Ercan Altinsoy  
Prof. Dr.-Ing. habil. Stefan Becker  
Prof. Dr. rer. nat. Bastian Epp  
Prof. Dr. phil. André Fiebig  
Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Kletsch-  
kowski  
Prof. Dr.-Ing. Malte Kob  
Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra

### Redaktionsassistenz

Dipl.-Ing. Evelin Baumer  
Dr.-Ing. Martin Klemenz

### Anzeigen

Julia Schneiderheinze (M.A.)  
E-Mail: [jschneiderheinze@dega-akustik.de](mailto:jschneiderheinze@dega-akustik.de)

### Layout und Satz

Dipl.-Ing. Evelin Baumer  
E-Mail: [ebaumer@dega-akustik.de](mailto:ebaumer@dega-akustik.de)

### Gestaltungskonzept

Heilmeyer und Sernau Gestaltung  
Web: [www.heilmeyerundsernau.com/](http://www.heilmeyerundsernau.com/)

### Druck

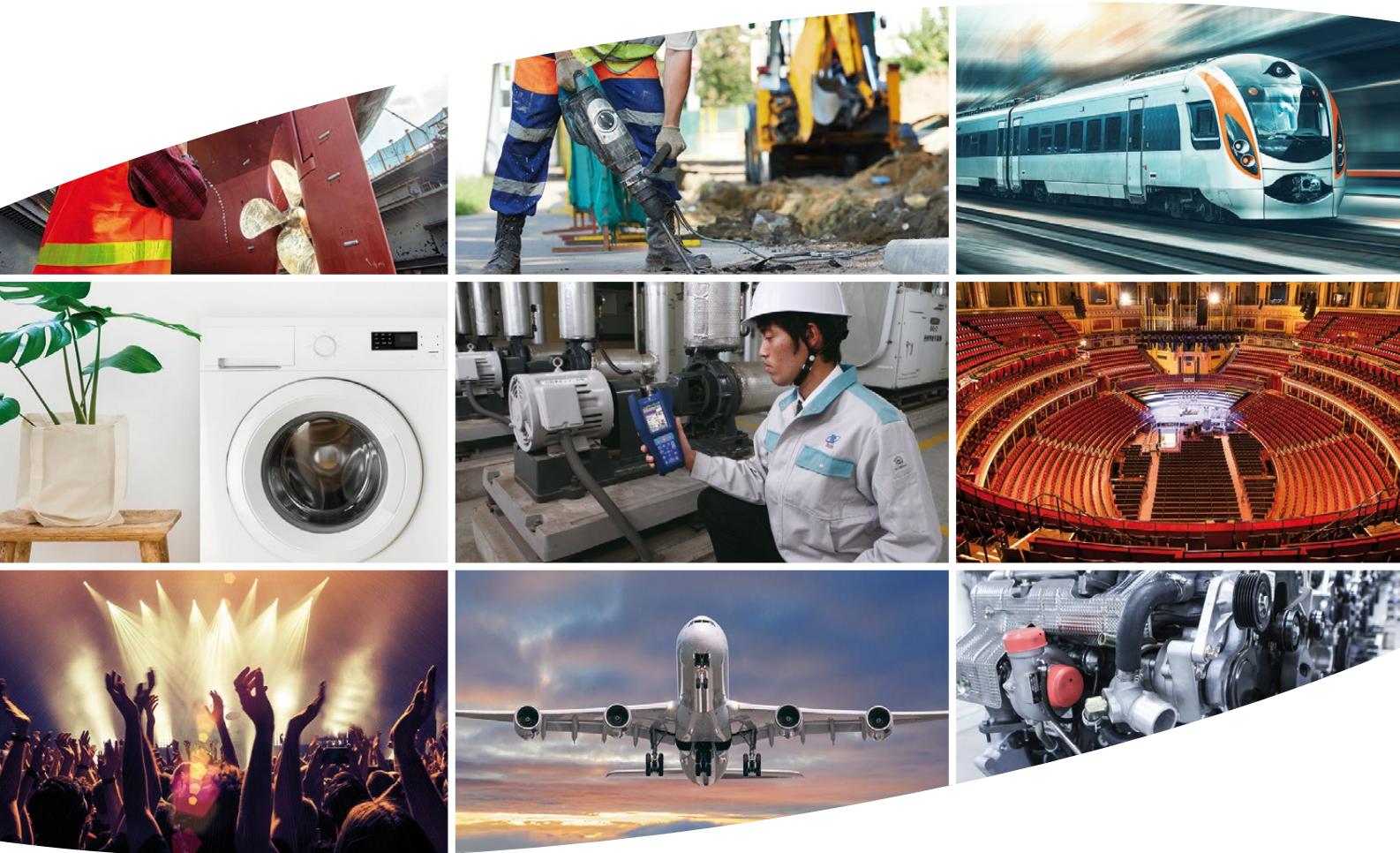
Königsdruck Printmedien und digitale  
Dienste GmbH  
Web: [www.koenigsdruck.de](http://www.koenigsdruck.de)

### Bildnachweise

S. 1 – Titelseite: © Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Mechanik; S. 3 – Editorial, Porträt Ch. Nocke: © Fotostudio Diekmann, Oldenburg; S. 5 – Aktuelles: 14. DEGA-Symposium, Logo © Stefan Weinzierl, TU Berlin; S. 45 – Veranstaltungen: DAGA 2022, Philip Leistner © Fraunhofer IPB, Stuttgart; S. 45 – Veranstaltungen: DAGA 2022, Universität Stuttgart, Campus Vaihingen © U. Regenscheit; S. 46 – Veranstaltungen: DAGA 2022, Blick in den Vortragssaal © DAGA 2007, Copyright DEGA e.V.; S. 46 – Veranstaltungen: DAGA 2022, Ausstellungsimpression © Christian Hass, DAGA 2007; S. 48 – Veranstaltungen: DEGA-Akademie „Raumakustik und Beschallungstechnik“, Logo © RWTH Aachen, Institut für Hörtechnik und Akustik; S. 49 – Veranstaltungen: DEGA-Akademie „Raumakustik kompakt“, Logo © Prof. Dr. Alfred Schmitz, Grevenbroich; S. 52 – DEGA: Fachausschüsse und Fachgruppen der DEGA stellen sich vor © Christian Nocke, Oldenburg; S. 54 – DEGA: Fachausschuss Bau- und Raumakustik © Silvia Crisman / fotolia.com; S. 55 – Fachausschuss Elektroakustik © U.P.images / fotolia.com; S. 55 – Fachausschuss Elektroakustik © U.P.images / fotolia.com; S. 55 – DEGA: Fachausschuss Fahrzeugakustik © Novicos GmbH, Hamburg; S. 55 – DEGA: Fachausschuss Hörakustik © psdesign1 / fotolia.com; S. 56 – DEGA: Fachausschuss Lärm: Wirkungen und Schutz © A.F.X. Süß, Berlin, Copyright DEGA e.V.; S. 56 – DEGA: Fachausschuss Physikalische Akustik © SAM, TU Darmstadt; S. 57 – DEGA: Fachausschuss Strömungsakustik © Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik, Braunschweig; S. 57 – DEGA: Fachausschuss Ultraschall © romaset / fotolia.com; S. 58 – DEGA: Fachausschuss Virtuelle Akustik © Yria Chor; S. 64 – Publikationen: Buchrezension, Cover „Acoustics for Engineers“ © mit freundlicher Genehmigung der Springer-Verlag GmbH, Heidelberg

# Erleichtern Sie sich Ihre Arbeit mit RION

Bevorzugt von Schall- und  
Schwingungsexperten in aller Welt  
seit mehr als **75 Jahren**



Spezielle Schall- und Schwingungsinstrumente, Schallwandler und Software die sich durch  
**Benutzerfreundlichkeit, hervorragende Qualität und Zuverlässigkeit** auszeichnen.



**Kontaktieren Sie RION Europe** für weitere Informationen

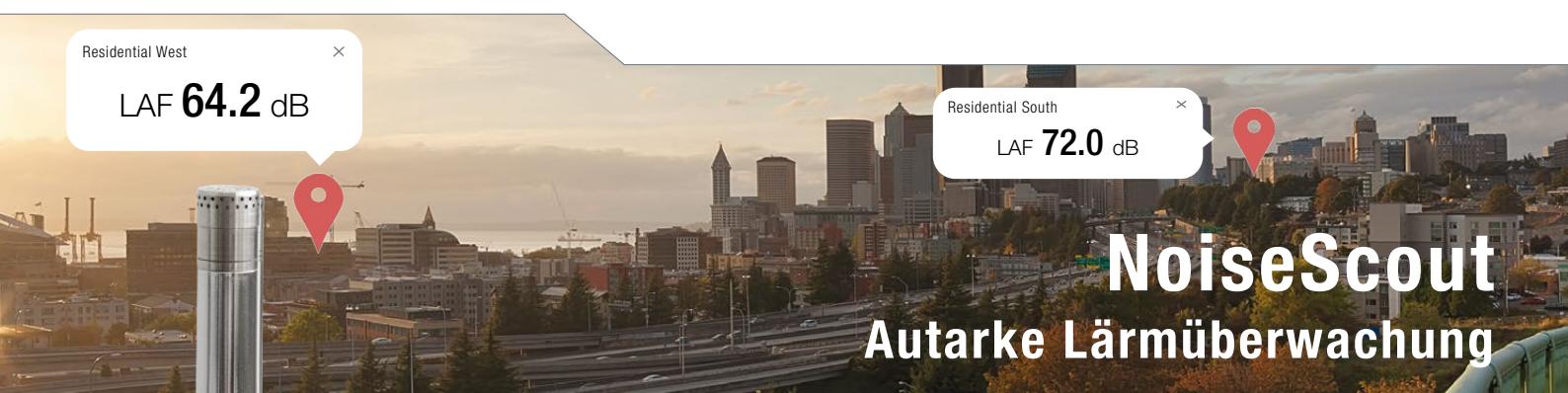
RION Europe  
Stroombaan 10  
1181VX Amstelveen  
The Netherlands

Telefon: +31 (0)85 066 7073  
E-mail: [svsales@rion.co.jp](mailto:svsales@rion.co.jp)

[www.rion-germany.com](http://www.rion-germany.com)



HÖREN - FÜHLEN - LÖSEN



## NoiseScout

### Autarke Lärmüberwachung



- **NEU: Schallquellen-Klassifizierung mit Künstlicher Intelligenz**
- Ferngesteuerte Lärmessungen
- E-Mail-Versand bei Grenzwertüberschreitung
- Passiver Browser-Zugriff für Dritte
- Eichfähig mit Aussenmikrofon
- Anbindung per LAN, WLAN oder 4G



## Bauakustische Messungen



- Luft- und Trittschalldämmung nach DIN 4109 / ISO 16283
- Robustes und leichtes Mess-Kit
- Sequentielle oder parallele Messungen