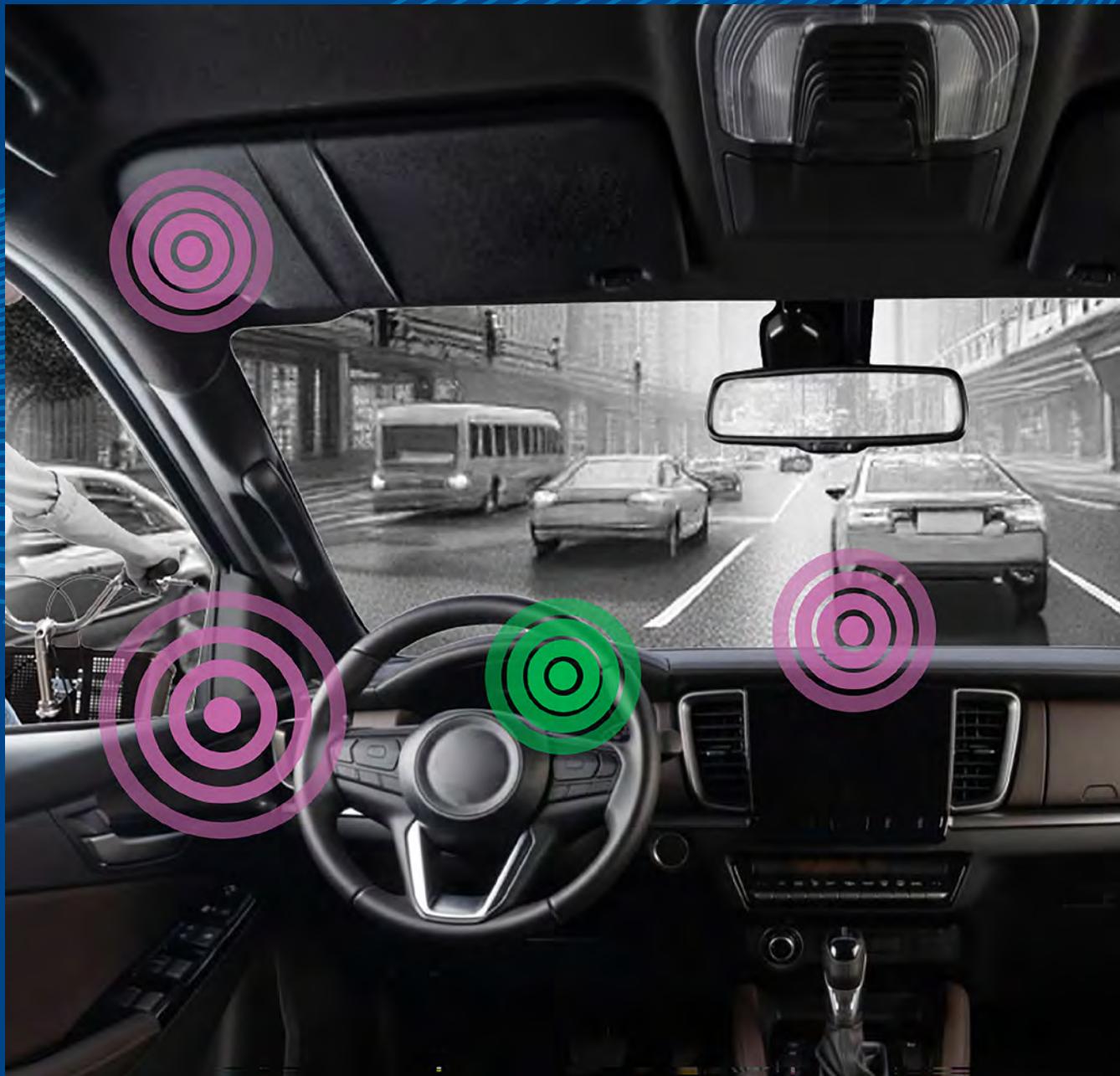


AKUSTIK JOURNAL



**Etappen der Akustik-Entwicklung in Deutschland ■ Verwendung von Audioobjekten im Fahrzeug ■
Laserlicht für optische Cochlea-Implantate ■ Gestaltung von Warntönen für die Motorradfahrenden ■
DEGA-Richtlinie 103-1 „Schallschutz im Wohnungsbau, Teil 1“ veröffentlicht ■ DEGA-Akademie-
Kurse in 2024 und 2025 ■ DEGA-Lärmschutzpreis – Ausschreibung ■ 17. DEGA-Symposium „Meta-
materialien in der Akustik“ ■ Vorschau: Jahrestagung DAS | DAGA 2025 in Kopenhagen ■**



Kundenspezifisches Monitoring

- Kundenserver / Cloud / On-Premise
- Alarm, Trigger und Datentransfer
- Live-Ansicht, Zeitverlauf, Reports

LERNE
SIMON
KENNEN!



Editorial

Internationale Zusammenarbeit

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

Schall kennt keine Grenzen. Wissenschaftlicher und technischer Fortschritt ist nur im internationalen Kontext möglich. Folglich müssen wir nicht nur einen weitreichenden Überblick über unser Fachgebiet haben, sondern wir als Einzelpersonen und auch die DEGA als Ganzes sollten internationale Verbindungen knüpfen und pflegen. Die DEGA ist seit jeher in der European Acoustics Association, EAA, sowie in der International Commission for Acoustics, ICA, eingebunden, aktuell vertreten durch den EAA-Vizepräsidenten André Fiebig und das ICA-Vorstandsmitglied Jesko Verhey. In der ICA werden insbesondere internationale Konferenzen und die Vertretung der Akustik in wissenschaftlichen Organisationen der UNO koordiniert. In der EAA gibt es über das Konferenzgeschehen hinaus sehr viele exzellente Beispiele für einen fruchtbaren fachlichen und kollegialen Austausch. Zwischen einigen DEGA-Fachausschüssen und den Technical Committees (TCs) der EAA gibt es bereits gute Kontakte, auch zwischen der EAA und der Acoustical Society of America, ASA, entstehen mehr Verbindungen. Die beiden TCs „Computational Acoustics“ diskutieren gemeinsame Aktivitäten in der Etablierung von numerisch-akustischen Benchmarks, also für Referenzdaten, an denen man numerische Ergebnisse vergleichen kann. Die TCs „Architectural Acoustics“ bzw. „Room and Building Acoustics“ stehen in engem Kontakt und informieren sich gegenseitig über ihre Aktivitäten. Der „ASA Student Council“ kooperiert gut mit dem EAA YAN. All dies gilt es zu erhalten und auszubauen. Insgesamt ist es sehr schön, zu sehen, dass in beiden Richtungen ein gutes fachliches Miteinander sehr gut etabliert ist. Interessanterweise haben schon in den Gründerzeiten Anfang des 20. Jahrhunderts die amerikanischen Kolleginnen und Kollegen genauestens beobachtet, was die deutsche Akustik an neuen Erkenntnissen geliefert hat. Damals war die akustische Literatur („Akustische Zeitschrift“) reich an wegweisenden Arbeiten. Beispielsweise griffen Leo Beranek und Kollegen die Erfindung der Absorberkeile für reflexionsarme Räume von Erwin Meyer (Göttingen) auf und bauten einen großen reflexionsarmen Raum in Boston. Aus diesem frühen wissenschaftlichen Miteinander entstanden später wichtige Normen. Die Grundlage dafür war, dass man sich kannte und gegenseitig schätzte und regelmäßig auf Fachtagungen traf und dies bereits zur Gründung der ASA im Jahre 1929.

Die ASA ist mittlerweile die größte akustische Fachgesellschaft der Welt. Sie betreibt das bekannte „Journal of the Acoustical Society of America“ (JASA), veranstaltet zwei Konferenzen pro Jahr und betreibt zahlreiche Initiativen, die für viele andere Fachgesellschaften ein Vorbild sein können: Fachausschüsse mit großzügig ausgestattetem Finanzrahmen für technisch-fachliche Initiativen, Nachwuchsförderung, Chancengleichheit und Inklusion, eine eigene Fachbuchreihe, eigene technische Normen, eine



Michael Vorländer
President-elect der ASA

intensive Öffentlichkeitsarbeit und vieles mehr. Mitglied in der ASA sind zu einem wachsenden Anteil auch Kolleginnen und Kollegen aus allen Teilen der Welt. Und die ASA macht Spaß, denn die Kultur der kollegialen Zusammenarbeit in der ASA ist äußerst hoch.

Das nächste große transatlantische Projekt zwischen der ASA und der EAA ist übrigens die Konferenz im Frühjahr 2027 in Brüssel, veranstaltet von den belgischen Kolleginnen und Kollegen in der ABAV. Auch bei diesen „EAA/ASA Joint Meetings“ lohnt sich ein Blick in die Vergangenheit. Mitte der 1990er, in den Jahren der jungen DEGA, in der großartigen Zeit der Öffnung in Europa zwischen Ost und West hatten Jens Blauert und andere die Idee, die amerikanischen Kolleginnen und Kollegen anzusprechen und so den Grundstein für das erste amerikanisch/europäische „EAA/ASA Joint Meeting Berlin 99“ zu legen. Gerade bei dieser ersten Tagung waren innerhalb der ASA große Bedenken zu überwinden. Aber durch große Unterstützung vom damaligen Executive Director der ASA, Charles Schmid, der zu Lebzeiten auch Ehrenmitglied der DEGA war, gelang es, die Tagung nach Berlin zu holen und so die damals noch junge DEGA als ein fester Bestandteil der internationalen Akustik sichtbar zu machen.

Für diejenigen, welche die ASA schon vor 2027 kennenlernen möchten, sei eine Teilnahme an der ICA New Orleans im Mai 2025 empfohlen, die von der ASA ausgerichtet wird. Und zum guten Schluss ein Tipp für den wissenschaftlichen Nachwuchs: Wer Erfahrungen auf internationalen Konferenzen sammeln will, sollte einen Antrag auf „DEGA Young Scientist Grants“ in Erwägung ziehen!

Michael Vorländer

Inhalt

Akustik Journal Nr. 03 / Oktober 2024

- **5 Aktuelles**
- **7 Fachartikel**
 - 7 Etappen der Akustik-Entwicklung in Deutschland**
Joachim Scheuren
 - 20 Verwendung von Audioobjekten im Fahrzeug**
Christoph Sladeczek, Mario Seideneck, Wolfgang Lorenz, Anja Chilan, Draško Mašović, Katrin Pursche, Joachim Bös
 - 26 Laserlicht für optische Cochlea-Implantate – Optogenetik verspricht verbesserte Frequenzauflösung für CI-Träger**
Christian Goßler, Daniel Keppeler, Tobias Moser
 - 30 Gestaltung von Warntönen für die Motorradfahrenden**
M. Ercan Altinsoy, Serkan Atamer, Robert Rosenkranz, Colin Ballantyne, Alina Kuttler
- **36 Menschen**
 - 36 Interview und Personalien**
36 Im Gespräch mit Reinhard Lerch
- **38 Veranstaltungen**
 - 38 Veranstaltungshinweise**
 - 38 DEGA-Akademie: Kurs „Raumakustik kompakt“
 - 38 DEGA-Akademie: Kurs „Grundlagen der Technischen Akustik“
 - 39 DEGA-Akademie: Kurs „Soundscape – Konzeption, Standardisierung und Anwendungen in der Praxis“
 - 39 17. DEGA-Symposium „Metamaterialien in der Akustik“
 - 40 Ein Jahr Frauen@DEGA
 - 40 DEGA-Akademie: Kurs „Bauakustik – von den Grundlagen zur Anwendung“
 - 41 Forum Acusticum / Euronoise 2025
 - 42 Vorschau**
 - 42 DAS | DAGA 2025
 - 44 Veranstaltungskalender
- **45 DEGA**
 - 45 Nachrichten und Mitteilungen aus der Fachgesellschaft**
 - 45 DEGA-Richtlinie 103-1 „Schallschutz im Wohnungsbau, Teil 1“ veröffentlicht
 - 45 Entwurf zur DEGA-Richtlinie 103-2 „Schallschutz im Wohnungsbau, Teil 2“
 - 46 Wahlaussschreibung für drei Wahlen im Frühjahr 2025
 - 47 Neuer Entwurf zur DEGA-Empfehlung 102 „Mindestkanon: Akustik in der Hochschul-Ausbildung“
 - 47 Neue Gebühren für Fördermitglieder
 - 48 Fachausschüsse / Fachgruppen**
 - 52 Fachausschüsse und Fachgruppen der DEGA stellen sich vor (Teil 11)**
 - 53 Mitglieder / Fördermitglieder**
- **54 Normen / Richtlinien**
 - 54 Neue Regelwerke zu den Themen Akustik und Lärminderung (Juli 2024 – Sept. 2024)**
- **56 Publikationen**
 - 56 Zeitschriften, Tagungsbände, Empfehlungen und Memoranden, Broschüren etc.**
- **58 Impressum**

Aktuelles

Nachrichten aus der Akustik

■ DAS | DAGA 2025: 51. Jahrestagung für Akustik



Die 51. Jahrestagung für Akustik / 51st Annual Meeting on Acoustics wird vom 17. bis 20. März 2025 in Kopenhagen stattfinden.

Alle Informationen zur Tagung (Termine, Anmeldung, Programm und Ausstellung) erhalten Sie auf den Seiten [42f](#) oder unter <https://www.das-daga2025.eu>. ■

■ DEGA-Richtlinie 103-1 im September 2024 erschienen



Die DEGA hat im September 2024 die neue DEGA-Richtlinie 103 „Schallschutz im Wohnungsbau, Teil 1: Schallenschutzklassen und erhöhter Schallschutz“ veröffentlicht.

Ausführliche Informationen dazu finden Sie auf Seite [45](#) und unter <https://www.dega-akustik.de/richtlinie-103-1>.

■ Frauen@DEGA

Online-Lunch

Am 6. Dezember 2024 von 12:30 bis 13:30 Uhr findet ein Online-Lunch mit einem Impuls vortrag aus der Wirtschaft statt. Weitere Informationen dazu erhalten Sie auf S. [40](#). ■

■ Zuschüsse für Studierende und Promovierende zur DAS | DAGA 2025

Die DEGA vergibt auch im kommenden Jahr wieder Zuschüsse zum Besuch der Tagung DAS | DAGA 2025 in Kopenhagen, um jungen Akustikerinnen und Akustikern die Teilnahme zu erleichtern.

DEGA Student Grants:

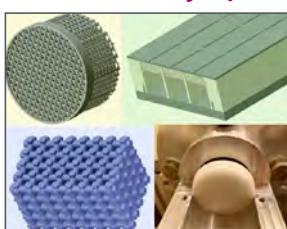
Es können sich Studierende bewerben (Bachelor, Master o. ä., Nachweis bitte beifügen) und ebenso Absolventen, bei denen die Abschlussurkunde nicht älter als ein halbes Jahr ist; d. h. nach dem 15.05.2024 ausgestellt wurde (Nachweis bitte beifügen). Die Grants umfassen die freie Tagungsteilnahme, einen Reisekostenzuschuss von 300 € sowie eine einjährige DEGA-Mitgliedschaft. Studierende, die zur DAS | DAGA 2025 einen Vortrag oder ein Poster eingereicht haben, können sich bis zum **15.11.2024** mit einem formlosen Antrag an die DEGA-Geschäftsstelle um die Grants bewerben (vorzugsweise per E-Mail an dega@dega-akustik.de). Ein kurzer Lebenslauf, ein Befürwortungsschreiben eines/einer Hochschullehrenden (Prof. oder Priv.-Doz.) und die Kurzfassung (Abstract) des o. g. Vortrags bzw. Posters sind dem Antrag beizufügen. Außerdem muss das Manuskript (Final Paper) dem Antrag hinzugefügt werden; dieses sollte dem späteren Beitrag für den DAGA-Tagungsband weitgehend entsprechen (DIN A4, max. 4 Seiten, zweispaltig, Schrift 10pt). Über die Vergabe entscheidet der Vorstand der DEGA nach fachlicher Prüfung.

DEGA Young Scientist Grants:

Auch Promovierende können Zuschüsse für die DAS | DAGA 2025 beantragen, wenn diese einen Vortrag oder ein Poster präsentieren. Ein Merkblatt mit sämtlichen Details und Anforderungen finden Sie hierzu auf der Seite <https://www.dega-akustik.de/ys-grants>.

Für die DAS | DAGA 2025 liegt der maximale Förderbeitrag pro Antrag abweichend bei 300 €; der Einsendeschluss für Anträge ist der **30.11.2024**. ■

■ 17. DEGA-Symposium: „Metamaterialien in der Akustik“



Das 17. DEGA-Symposium findet am 06.12.2024 in Nürnberg statt und legt in diesem Jahr seinen Schwerpunkt auf den derzeitigen Stand des Einsatzes von Metamaterialien in der Akustik.

Detaillierte Informationen zum Symposium (Programm, Anmeldung etc.) finden Sie auf Seite [39](#), im beiliegenden Faltblatt und unter <https://www.dega-akustik.de/>. ■

■ DEGA-Akademie

Kurs „Raumakustik kompakt“

12.11.2024, Braunschweig

Kurs „Grundlagen der Technischen Akustik“

14.–15.11.2024, Berlin

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

20.–22.11.2024, online

Kurs „Bauakustik – von den Grundlagen zur Anwendung“

01.–03.04.2025, Braunschweig

Ausführliche Informationen zu den Kursen finden Sie auf den Seiten [38f](#) oder unter <https://www.dega-akustik.de>. ■

■ DEGA-Lärmschutzpreis – Ausschreibung



Der DEGA-Lärmschutzpreis wird nach 2022 zum zweiten Mal für innovative Lösungen zum Schutz vor Lärm im verkehrlichen und städtebaulichen Kontext verliehen. Der Arbeitsring Lärm der DEGA (ALD) lobt den Preis aus und begleitet den Wettbewerb organisatorisch. Die Preisverleihung erfolgt in Zusammenhang mit dem Tag gegen Lärm 2025 in einem geeigneten Rahmen. Der DEGA-Lärmschutzpreis soll zu einem besseren Lärmbewusstsein beitragen und die Sammlung innovativer Lösungen für den Schutz vor Lärm bereichern. Der Preis wird vergeben für umgesetzte innovative Maßnahmen, Technologien und Konzepte zum Schutz

vor Umgebungslärm (Straßen-, Schienen- und Luftverkehr, Gewerbe- und Freizeitlärm usw.) mit dem Fokus auf Maßnahmen zum Schutz vor Lärm im öffentlichen Raum und dem Schutz „Ruhiger Gebiete“. Die Maßnahmen, Produkte oder Konzepte können technische, planerische, organisatorische oder rechtliche Aspekte umfassen. Auch Einzelpersonen können geehrt werden, die sich um solche Maßnahmen und Konzepte verdient gemacht haben.

Im Falle von Maßnahmen, Technologien und Konzepten sind alle Interessierten antragsberechtigt; Eigenbewerbungen sind ausdrücklich erwünscht. Verdiente Einzelpersonen können ebenfalls für den Lärmschutzpreis vorgeschlagen werden, wobei jedes Mitglied der DEGA ein Vorschlagsrecht hat.

Es gibt einen Sieger-Beitrag oder eine Sieger-Person. Die Auszeichnung wird öffentlichkeitswirksam durch eine Würdigung der prämierten Arbeit oder der prämierten Person sowie durch eine Pu-

blikation in den Medien der DEGA und des ALD begleitet.

Ausführliche Informationen zu den Wettbewerbs-Bedingungen finden Sie unter <https://www.dega-akustik.de/dega-lärmschutzpreis> bzw. in der dortigen Preisverleihungsordnung.

Die Bewerbungsunterlagen sind per E-Mail bis spätestens zum 28. Januar 2025 bei der DEGA-Geschäftsstelle (ebauermer@dega-akustik.de) einzureichen. Eine Verlängerung dieser Frist kommt nicht in Betracht. Beiträge, die nicht der Preisverleihungsordnung entsprechen, können nicht gewertet werden.

Die eingegangenen Bewerbungen werden bis Ende Februar 2025 fachlich vorgeprüft und für die Jurysitzung aufbereitet. Die Jury ermittelt bis Ende März 2025 den Sieger-Beitrag oder die Sieger-Person, so dass Ende April 2025 die Auszeichnung der erfolgreichen Bewerbung erfolgen kann. ■

NACHHALTIGKEIT

IM ALNATURA DURCH
RECYCELTE MATERIALIEN



REGUPOL sound 47

Hochbelastbare Trittschalldämmung für Wohn- und Geschäftshäuser:

- NACHHALTIG,
- LANGJÄHRIG ERPROBT,
- ZUGELASSEN.



Etappen der Akustik-Entwicklung in Deutschland

Joachim Scheuren

Bei der 50. Jahrestagung für Akustik (DAGA 2024) in Hannover wurde rückblickend in einem Plenarvortrag die Entwicklung der Akustik in Deutschland seit dem späten 19. Jahrhundert und ihre Einbettung in Fachverbände und Fachtageungen beschrieben. Nach der zusammenfassenden Darstellung der Gründung und Entwicklung von DAGA und DEGA in einem vorausgehenden Artikel [1] schildert der nachfolgende Aufsatz, wieder gestützt auf die im Tagungsband veröffentlichte Niederschrift des Vortrags, die Entwicklung der Akustik in Deutschland bis in die 70er Jahre des 20. Jahrhunderts, die Jahre der ersten DAGA-Tagungen.

Einleitung

Die erste Gemeinschaftstagung „Akustik und Schwingungstechnik“ der „Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Akustik“ (DAGA) im September 1970 war der Beginn einer nicht nur dauerhaft erfolgreichen, sondern auch identitätsstiftenden Tagungsreihe der deutschsprachigen Akustik. Wie aus Anlass ihres fünfzigsten Jubiläums 2024 in Hannover in einem vorausgehenden Aufsatz dargestellt [1], erwuchs aus dieser ersten DAGA auch eine selbständige, sich ihrer selbst bewusste deutsche Akustik, die mit dieser Tagung auch begann, sich selbst zu organisieren und öffentlich zu artikulieren.

Die in [1] gegebene ausführliche Schilderung dieser Entwicklung und der ihr vorausgegangenen akustischen Fachgruppierungen und Veranstaltungen in Deutschland hat einen Rückblick auf die Entwicklung der Akustik selbst ausgeschlossen. Dies soll mit dem vorliegenden Aufsatz nachgeholt werden.

Die wissenschaftliche Akustik blickt in Deutschland auf eine lange und sehr erfolgreiche, oft auch führende Tradition zurück, die hier natürlich nur in groben Zügen aufgezeigt werden kann. Dabei wird der Schwerpunkt auf zeitliche Entwicklungslinien zwischen den wichtigsten lokalen Zentren und auf einige beispielhafte Arbeitsergebnisse gelegt. Detaillierte Darstellungen und Materialien zur historischen Entwicklung der Akustik finden sich in der Literatur (z. B. [2]), insbesondere in der von Peter Költzsch verfassten, umfassenden DEGA-Schriftenreihe zur Geschichte der Akustik in 11 Heften [3] und in den zahlreichen dort aufgeführten Quellen. Die hier skizzierten Zusam-

Stages in the Development of Acoustics in Germany

At the 50th Annual Conference on Acoustics (DAGA 2024) in Hannover, a plenary lecture described the historical development of Acoustics in Germany since the late 19th century and its integration into professional associations and conferences. Following the summarizing description of the foundation and the development of DAGA and DEGA in a preceding paper [1], the following article presents – based again on the manuscript of this lecture published in the conference proceedings – the development of Acoustics in Germany up to the seventies of last century, the years of the first DAGA conferences.

menhänge und Etappen können insbesondere mit den Heften 1 und 9 bis 11 vertieft werden.

Aktuelle Kurzdarstellungen zu den akustischen Aktivitäten deutscher und europäischer Forschungseinrichtungen und Firmen im 20. Jahrhundert findet man auch in den Proceedings des 10. Forum Acustum (September 2023 in Turin). In einer zweitägigen strukturierten Sitzung „Activities in Acoustics of European Research Centers and Companies during the 20th Century“ haben dort 37 Vortragende aus 21 europäischen Ländern über die historische Entwicklung der Akustik im 20. Jhd. in ihren Ländern und Institutionen berichtet [4]. Neben Aufsätzen über die geschichtliche Entwicklung der hier im Vordergrund stehenden frühen akustischen Zentren in Berlin [5], Dresden [6], Göttingen [7] und München [8; 9] finden sich dort auch Berichte über die Entwicklung an den Universitäten in Aachen und Oldenburg sowie über die Geschichte der DIN 4109. Außerdem ist es interessant und aufschlussreich, die Entwicklung in Deutschland der dort geschilderten Entwicklung in anderen europäischen Ländern gegenüberzustellen.

Entwicklung der Akustik vor 1900

Die wissenschaftliche Akustik in Deutschland gipfelte in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts im preußischen Berlin in der überragenden und vielfältigen Leistungsleistung des Physiologen und Physikers Hermann von Helmholtz, der in Berlin eine Ära der Physik begründete und ihr zu anhaltender Nachwirkung verhalf [10; 11]. Dabei kam ihm zugute, dass Berlin im 19. Jhd. nach der Humboldt'schen Universitätsreform

ideale, beispielgebende Voraussetzungen für die Entwicklung zur führenden Wissenschaftsstadt bot.



Abb. 1: Hermann von Helmholtz mit Helmholtz-Resonator und Titelseite seines Buchs „Lehre von den Tonempfindungen“ [11]

Schon das 1842 von seinem Lehrer Gustav Magnus, dem Begründer einer der wichtigsten Physikschenlen des 19. Jahrhunderts, im heutigen Magnus-Haus eingerichtete Physikalische Seminar, das in Deutschland nicht seinesgleichen hatte, konnte der physikalischen Forschung, die damals noch in ihren Anfängen steckte, entscheidende Impulse geben. Aus den dort stattfindenden physikalischen Colloquien (mit regelmäßigen Referaten zur Wellenlehre und Akustik) entstand 1845 die Physikalische Gesellschaft zu Berlin (PGzB), aus der 1899 die Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG) hervorging. Nach wechselvollen Jahren, in denen das Magnus-Haus immer mal wieder Heimstatt der DPG war (von 1958 bis 1990 auch der DPG der DDR), dient es heute wieder als Sitz der PGzB sowie als Veranstaltungsort und Hauptstadtrepräsentanz der DPG.

Nach vielfältiger Lehr- und Forschungstätigkeit an verschiedenen Einrichtungen und Universitäten Deutschlands wurde Hermann von Helmholtz 1871 als Nachfolger von Gustav Magnus auf den Lehrstuhl für Physik der Friedrich-Wilhelm-Universität Berlin (heute Humboldt-Universität) berufen, dem mit dem von 1873 bis 1878 am Reichstagsufer erbauten

Abb. 2: Das im Dezember 1876 eingeweihte Physikalische Institut am Berliner Reichstagsufer [11]



Physikalischen Institut die modernste und aufwendigste universitäre Forschungseinrichtung ihrer Zeit zur Verfügung gestellt wurde.

Im fruchtbaren Wechselspiel mit moderner Industrie und einer so noch nie dagewesenen Dynamik der Naturwissenschaften entwickelte sich bis zum Ende des Jahrhunderts eine Wissenschaftslandschaft, die Berlin zum Mittelpunkt der damaligen Naturwissenschaften machte. Das von Helmholtz bis 1887 geleitete Physikalische Institut der Universität wie auch die von ihm 1887 (zusammen mit Werner von Siemens [11]) gegründete und geleitete Physikalisch-Technische Reichsanstalt PTR in Berlin-Charlottenburg (Vorläufer der heutigen Bundesanstalt PTB) belegen dies ebenso wie die 1910 gegründeten Kaiser-Wilhelm-Institute, die Vorläufer der heutigen Max-Planck-Institute.



Abb. 3: Die Gründer der PTR, Hermann von Helmholtz (links) und Werner von Siemens (rechts), [11]

Auch die Technik hatte im 19. Jahrhundert im Zuge der beginnenden Industrialisierung einen enormen Aufschwung genommen, der sich in der Wissenschaftsstadt Berlin an bedeutenden wissenschaftlich-technischen Einrichtungen und Vereinigungen ablesen ließ. 1879 wurden die schon 1799 gegründete Berliner Bauakademie und die 1821 gegründete Königliche Gewerbeakademie in die in Charlottenburg neugegründete Königliche Technische Hochschule zu Berlin überführt. Zeitgleich mit der Einführung des akademischen Grads Diplom-Ingenieur in Preußen wurde ihr 1899 als erster Technischer Hochschule Deutschlands das Promotionsrecht zum Dr.-Ing. zugesprochen. Parallel zur wissenschaftlichen Ausbildung in technischen Berufen hatten sich in Berlin inzwischen auch eigene berufsständische Interessenvertretungen gebildet, insbesondere der 1856 gegründete Verein Deutscher Ingenieure, VDI, und der 1893 gegründete Verein Deutscher Elektrotechniker, VDE. Bis zu seinem Tod 1894 war Hermann von Helmholtz, der „Reichskanzler der Wissenschaften“ [11], die zentrale Persönlichkeit der Wissenschaftsstadt Berlin, die sich höchster öffentlicher Wertschätzung

erfreute. Es ist auch heute noch lohnend, das akustische Vermächtnis von Hermann von Helmholtz anhand von Sekundärliteratur [2; 3 (Heft 1); 10; 11] oder auch im Original, insbesondere in seiner 1862 erschienenen „Lehre von den Tonempfindungen“, nachzuvollziehen. Allein die vielen mit seinem Namen verbundenen Erkenntnisse und Zusammenhänge (etwa Helmholtz-Gleichung, Helmholtz-Absorber, Helmholtz-Zahl u. v. a.) geben einen Eindruck von der Vielfalt und Nachhaltigkeit seiner Arbeitsergebnisse. Und seine internationale Wertschätzung kann aus der Vielzahl an Würdigungen (Preise und Medaillen) ersehen werden, die Verbände und Gesellschaften nicht nur in Deutschland mit seinem Namen verknüpft haben (z. B. Helmholtz-Medaille der DEGA, Helmholtz-Rayleigh-Silver-Medal der Acoustical Society of America, ASA).

Hermann von Helmholtz hat eine physikalische Tradition begründet, die über seine Schüler und Mitarbeiter auch für die Akustik bis weit ins 20. Jahrhundert hinein nachgewirkt hat. Prominente Beispiele waren die Universitäten in Berlin und Breslau, die von Helmholtz-Schülern stark geprägt wurden. Helmholtz' Nachfolger in Berlin war ab 1888 August Kundt (Kundtsches Rohr), der bei Gustav Magnus promoviert hatte. Das 1900 neu gegründete Institut für Physik an der Universität in Breslau wurde von 1904 bis 1925 von Otto Lummer, einem Doktoranden von Helmholtz, geleitet. Neben seinen bedeutenden Beiträgen zur Optik hielt Lummer die akustische Tradition Berlins in Breslau aufrecht und führte sie erfolgreich in die Zeit nach dem ersten Weltkrieg. Ein Rückblick auf die deutsche Akustik des 19. Jahrhunderts wäre unvollständig ohne eine angemessene Würdigung des in England tätigen Lord Rayleigh (William Strutt), dem mit seiner 1877 und 1878 in zwei Bänden erschienenen „Theory of Sound“ eine umfassende, geschlossene Darstellung der auch durch eigene Beiträge erweiterten Akustik seiner Zeit gelungen war. Die große Anerkennung und der Nutzen dieser Theorie des Schalls wird auch in einer von Hermann von Helmholtz 1878 für die Zeitschrift „Nature“ verfassten Buchbesprechung deutlich [2]. Dabei hebt er insbesondere hervor, dass Rayleigh bei seiner „Formulierung einer vollständigen und einheitlichen Theorie der Phänomene des Schalls alle von der Mathematik bereitgestellten Mittel und Werkzeuge einsetzt, ohne die ein wirklich vollständiger Einblick in die kausalen Zusammenhänge akustischer Phänomene letztlich unmöglich ist“ [2]. Anders als bei Helmholtz, der mathematische Details zugunsten besserer Lesbarkeit oft in Anhänge oder spezielle Veröffentlichungen ausgliederte, ist es bei Rayleigh in der Tat der konsequente und umfassende Einsatz der Mathematik, der sein Buch zum

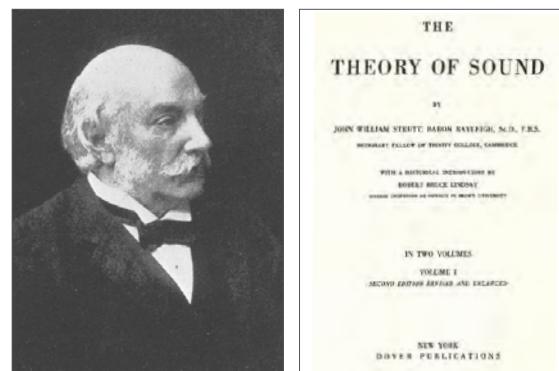


Abb. 4: Lord Rayleigh und sein Buch „The Theory of Sound“

unverzichtbaren, wegweisenden Instrument späterer Untersuchungen und Forschungsaktivitäten machte. Die mathematische Physik hatte ihren Weg in die Akustik gefunden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es der Physik im 19. Jahrhundert gelungen war, mit einer vollständigen, ganzheitlichen Theorie des Schalls ein weitgehend umfassendes, geschlossenes Verständnis der Physikalischen Akustik bereitzustellen. Wie auch später immer mal wieder wurde die Akustik deshalb damals von vielen als praktisch abgeschlossenes Fach angesehen und unterschätzt. Zugleich aber zeichneten sich vor dem Hintergrund großer Fortschritte der Physik und der Technik in der zweiten Hälfte des 19. Jhdts. auch wieder neue Herausforderungen an die Akustik und an ihre technischen Anwendungen ab.

Entwicklung der Akustik von 1900 bis 1945

Die mit der Erfindung des „Telephons“ durch Philipp Reis (1861), der Begründung der Elektrodynamik durch James Clerk Maxwell (1864) und dem Nachweis elektromagnetischer Wellen durch Heinrich Hertz (1886) einsetzende rasante Entwicklung der elektrischen Nachrichtenübertragung löste eine ebenso rasante Entwicklung der Elektroakustik aus. Denn die Qualität der Übertragung akustischer Signale hing entscheidend von den Eigenschaften der akustischen (Aufnahme- und Wiedergaberräume) und elektroakustischen (Mikrofone, Lautsprecher, Schallspeicherung usw.) Übertragungskomponenten ab. Um diese besser verstehen und dann auch weiterentwickeln zu können, bedurfte es auch vollkommen neuer Entwicklungen der akustischen Messtechnik.

Mit der umfassenden Präsenz kompetenter Behörden wie dem

- Telegraphentechnischen Reichsam (TRA), ab 1928 Reichspostzentralamt (RPZ), hochqualifizierter Wissenschafts- und Forschungseinrichtungen wie der

- Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften, der
 - Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (heute Max-Planck-Gesellschaft), der
 - Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR, heute PTB), der
 - Friedrich-Wilhelms-Universität (ab 1949 Humboldt-Universität) und der
 - Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg sowie aufstrebender High-Tech-Firmen wie
 - Siemens, AEG oder Telefunken
- bot die Industrie und Wissenschaftsmetropole Berlin hierfür die besten Voraussetzungen.

Neben Berlin trug vor allem die Georg-August-Universität in Göttingen zu dem hervorragenden Ruf bei, den die deutschen Naturwissenschaften in der Welt hatten. Namhafte Persönlichkeiten wie Carl-Friedrich Gauß, Felix Klein, David Hilbert, Richard Courant und Ludwig Prandtl hatten dort ein weltweit anerkanntes „Cluster“ für Mathematik, Physik und Chemie entstehen lassen.

Vor diesem Hintergrund ist es sicher nicht nur Zufall, dass zwei der die Akustik in den Jahren 1918 bis 1945 stark prägenden Persönlichkeiten, Karl-Willy Wagner und Heinrich Barkhausen, beide in Göttingen promoviert und in Berlin habilitiert haben. Als Präsident des Telegraphentechnischen Reichsamts (1923–1927), Professor der PTR (ab 1913) und der TH Berlin (ab 1925) sowie Gründungsdirektor des Heinrich-Hertz-Instituts für Schwingungsforschung (ab 1928, [12]) war Karl-Willy Wagner die zentrale Persönlichkeit für die Entwicklung der Akustik in Berlin. Eine vergleichbare Rolle kam Heinrich Barkhausen an der Technischen Hochschule in Dresden zu, an der er das 1911 von ihm begründete erste deutsche Institut für Schwachstromtechnik zu einem wichtigen Zentrum auch für die Entwicklung der Technischen Akustik ausbaute.

Neben Göttingen, Berlin und Dresden konnte die Akustik in Fortführung der von Otto Lummer begründeten Tradition auch in Breslau wesentlich weiterentwickelt werden. Hier war es vor allem Erich Waetzmann, der nach seiner Promotion und Habilitation bei Otto Lummer als Professor (ab 1920) und Institutedirektor (ab 1926) an der TH Breslau die-

se erfolgreiche Weiterentwicklung der Technischen Akustik sicherstellen konnte.

Abbildung 5 verdeutlicht diese Entwicklung zusammen mit den wichtigsten beteiligten Personen in einem Strukturdiagramm.

Schwerpunkte und Triebkräfte der Akustikentwicklung in den 20er und 30er Jahren des 20. Jahrhunderts waren neben der

- Elektroakustik die
- anspruchsvollen Qualitätsanforderungen des Rundfunks, die
- vielfältigen Problemstellungen der verwandten Schwingungsphysik und der aus all diesen Aufgaben erwachsende Bedarf nach
- innovativer akustischer Messtechnik.

Daraus ist unmittelbar ersichtlich, dass die technisch orientierte Akustik neben ihrer angestammten Zuordnung zur Physik auch eine fachliche Ansiedlung bei der damals aufkommenden Nachrichtentechnik („Schwachstromtechnik“) sowie bei der Technischen Mechanik („Mechanische Schwingungen und Wellen“) gesucht und gefunden hat.

Im Folgenden wird exemplarisch zusammengefasst, wie die damaligen Zentren der wissenschaftlichen Akustik, Göttingen, Berlin, Breslau und Dresden, bis 1945 zur Entwicklung der Akustik in Deutschland beigetragen haben. Ausführlichere Darstellungen finden sich in [3].

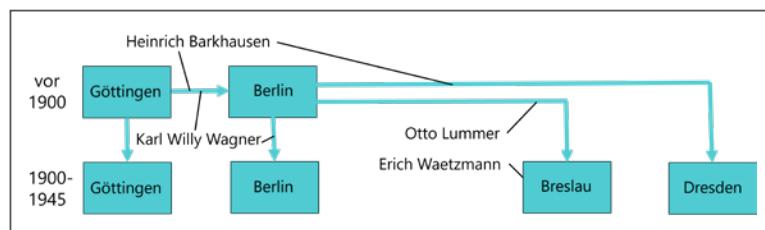
Göttingen

Nach der von Lord Rayleigh mathematisch formulierten Theorie der Phänomene des Schalls war es der von Felix Klein und David Hilbert in Göttingen begründeten Tradition der mathematischen Physik vorbehalten, die dazu benötigten mathematischen Methoden umfassend und geschlossen darzustellen. Mit den von Richard Courant und David Hilbert 1924 und 1937 veröffentlichten „Methoden der Mathematischen Physik I und II“ war es möglich, die aus den partiellen Differentialgleichungen der Schwingungs- und Wellenphysik ableitbaren Zusammenhänge einer stringenten mathematischen Be trachtung zuzuordnen.

Abb. 6: Methoden der Mathematischen Physik I + II, 1924/1937

Heidelberger Taschenbücher	Heidelberger Taschenbücher
Courant · Hilbert Methoden der Mathematischen Physik I Dritte Auflage	Courant · Hilbert Methoden der Mathematischen Physik II Zweite Auflage
 Springer-Verlag Berlin - Heidelberg - New York	 Springer-Verlag Berlin - Heidelberg - New York

Abb. 5: Strukturdiagramm zur Entwicklung der wissenschaftlichen Zentren der Akustik in Deutschland (bis 1920).



Breslau

Hervorzuhebende Arbeiten zur Akustik an der Universität und an der Technischen Hochschule in Breslau befassten sich mit Nachhall- und Resonanztheorien, der Theorie des Hörens, der Registrierung von Schallsignalen und ganz allgemein mit der elektro- und raumakustischen Unterstützung bei der Einführung des Rundfunks. Zu den erfolgreichen Absolventen der Breslauer Akustik-Schule, die die Akustik nach 1945 in beiden deutschen Staaten wesentlich prägen konnten, zählte auch Erwin Meyer, der als Assistent von Otto Lummer 1923 bei Erich Waetzmann promovierte und von der neuen Rundfunktechnik fasziniert war [3; 13].

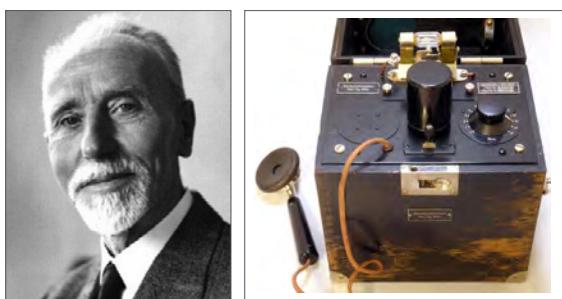


Abb. 7: Otto Lummer (links), Erich Waetzmann (Mitte) und Erwin Meyer (rechts)

Dresden

Als erster Professor für Schwachstromtechnik an der TH Dresden konnte Heinrich Barkhausen die sog. Schwachstromtechnik als wissenschaftliche Disziplin in Deutschland begründen [3 (Heft 11); 6; 14]. Mit seinen grundlegenden Arbeiten über Elektronenröhren und die daraus resultierenden Möglichkeiten war er einer der Wegbereiter der modernen Elektronik. In der Akustik konnte das von ihm geleitete Institut wesentlich zur elektrischen und mechanisch/akustischen Schwingungsphysik, zu elektro-mechanischen bzw. elektroakustischen Analogien, zur Messtechnik und zu Fragen des Wasserschalls und der Hörakustik beitragen. Besonders hervorzuheben sind die Einführung des „Phon“ und die Entwicklung eines praxistauglichen Messgeräts für die Lautstärke, des Phonometers, das ab 1927 von der Firma Siemens & Halske in Serie gefertigt wurde [3 (Heft 11); 6; 14].

Abb. 8: Heinrich Barkhausen und sein Lautstärkemesser (von Siemens & Halske 1927 in Serie gefertigt)



Einer der zahlreichen Doktoranden von Barkhausen war Walter Reichardt. Nach seiner Promotion (1930) wechselte er bis 1945 nach Berlin und auch zu anderen Rundfunkanstalten, wo er sich als Verantwortlicher für den Bau und die Ausstattung der Rundfunkhäuser mit vielen raum- und elektroakustischen Fragen beschäftigte [3 (Heft 11); 14].

Berlin

Das einzigartige Wissenschafts- und Technologiezentrum Berlin mit seiner aufstrebenden informationstechnischen Industrie der Fernmelde- und Rundfunktechnik bot ideale Voraussetzungen für die sich den neuen Aufgaben stellende Weiterentwicklung der Akustik. Diese zogen auch den an der Rundfunktechnik stark interessierten Erwin Meyer an, der 1924 am Reichspostzentralamt bei Karl-Willy Wagner eine wissenschaftliche Stelle antrat. 1928 habilitierte er sich an der TH Berlin, wo er seitdem als Privatdozent und später als Professor Vorlesungen über Technische Akustik hielt [13].

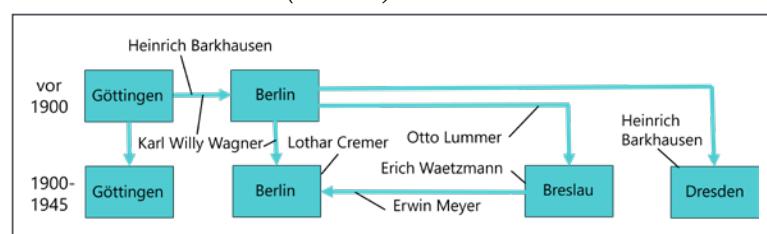
Mit der Gründung des wegweisenden, von Karl-Willy Wagner initiierten und geleiteten Heinrich-Hertz-Instituts (HHI) für Schwingungsforschung wurde Erwin Meyer 1928 Leiter der dort neu eingerichteten Abteilung Akustik [12; 13]. Hier und an der TH begegnete ihm die eine Assistentengeneration jüngere Lothar Cremer, der nach seinem Studium in Berlin 1933 an der dortigen TH promovierte und danach, ab 1934, Mitarbeiter von Erwin Meyer in der Abteilung Akustik des HHI wurde. Auch Lothar Cremer habilitierte sich 1936 an der TH Berlin und hielt dort dann Vorlesungen am Institut für Mechanik [3 (Heft 10); 5; 12].

Mit dem Wirken von Erwin Meyer und Lothar Cremer in Berlin erweitert sich das Strukturdigramm der Abbildung 5 für die Jahre nach 1925 zum Diagramm der Abbildung 9, die die Verhältnisse an den wissenschaftlichen Akustikzentren Deutschlands bis 1945 wiedergibt.

Exemplarische Beiträge der Berliner Akustik-Einrichtungen waren [3; 5; 13]

- vielseitige innovative Beiträge zur Messtechnik, vor allem mit der neuen Röhrentechnologie,
- Untersuchungen zur Raumakustik und zur

Abb. 9: Strukturdigramm zur Entwicklung der wissenschaftlichen Zentren der Akustik in Deutschland (bis 1945).



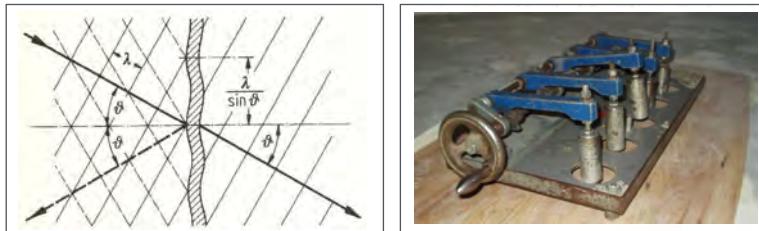


Abb. 10: Originalskizze Lothar Cremers zur Veranschaulichung des Koinzidenzeffekts und handgetriebenes Normhammerwerk

Schallausbreitung und -absorption in Wasser,

- Untersuchungen zur Auskleidung „schalltoter“ Räume mit porösen Schluckstoffkeilen (Meyer),
- Untersuchungen zum Schalleinfallswinkel, Koinzidenzeffekt und zur Spuranpassung (Cremer),
- Vorlesungen über Technische Akustik,
- Gründung der „Akustischen Zeitschrift“ (1936)

Zusammenfassung

Vereinfachend kann für die Zeit von 1900 bis 1945 festgehalten werden, dass das auf eine ganzheitliche Theorie des Schalls gegründete umfassende Verständnis der Physikalischen Akustik nach 1900 durch eine fortgeschrittene Entwicklung und Bereitstellung der auf neue, vor allem technische Aufgaben ausgerichteten Technischen Akustik erweitert wurde.

Entwicklung der Akustik nach 1945

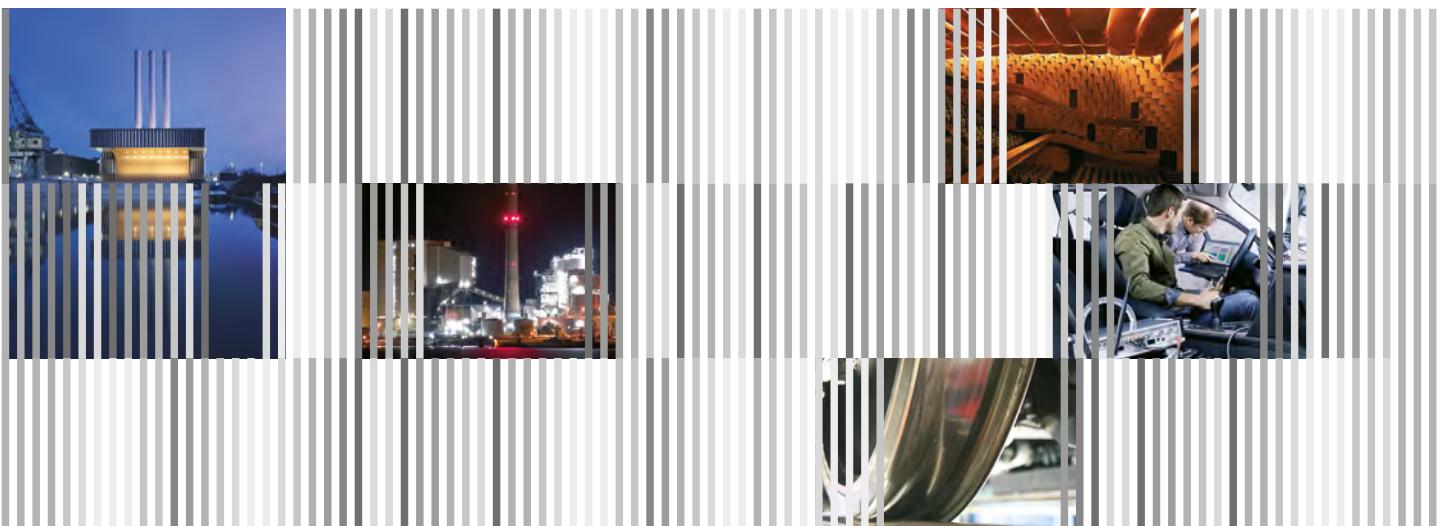
Die verhängnisvolle Zeit des Nationalsozialismus und die verheerenden Folgen des Kriegs haben auch die Arbeit vieler Akustiker extrem belastet und der führenden Wissenschaftsstadt Berlin schon lange vor 1945 ein jähes Ende gebracht. Das Heinrich-Hertz-Institut und große Teile der Technischen Hochschule waren zerstört, die Abteilung Akustik war zwei Monate vor Kriegsende in die Lübecker Bucht ausgelagert worden [12; 13]. Da auch die Wohnhäuser von Erwin Meyer und Lothar Cremer zerstört waren, sahen beide sich gezwungen, ihre Betätigungsfelder neu zu ordnen.

Erwin Meyer übernahm am 1. April 1947 die Professur und die Leitung des neu gegründeten III. Physikalischen Instituts (DPI) der Universität Göttingen, das aus der Zusammenlegung der Institute für Angewandte Mechanik und Angewandte Elektrizität als anwendungsorientiertes Institut für Schwingungsphysik am Berliner Heinrich-Hertz-Institut ausgerichtet wurde [13].

Lothar Cremer hatte sich 1945 nach dem Ende des Krieges in sein Elternhaus nach München zurückgezogen, wo er schon bald in seinem „Schalltechnischen Laboratorium“ als unabhängiger Berater an seine Berliner Tätigkeit anknüpfte, seine Expertise aber auch in

MÜLLER-BBM

Beratung | Dienstleistungen | Produkte



Kompetenz in Akustik und Schwingungen

Schallschutz | Sound Design | Raum- und Bauakustik | Messtechnik | Bauphysik | Forschung
Industrieakustik | Lärmbekämpfung | Messungen | Schwingungsreduktion
Psychoakustik | Prüfeinrichtungen | Medientechnik | Strukturdynamik | Schallschutzsysteme

neuen Projekten unter Beweis stellen konnte. Parallel dazu hielt er Vorlesungen sowohl an der Technischen Hochschule als auch an der Universität München, wo er 1951 auch Professor wurde. Zu seinen Studenten gehörten Manfred Heckl und Helmut Müller.

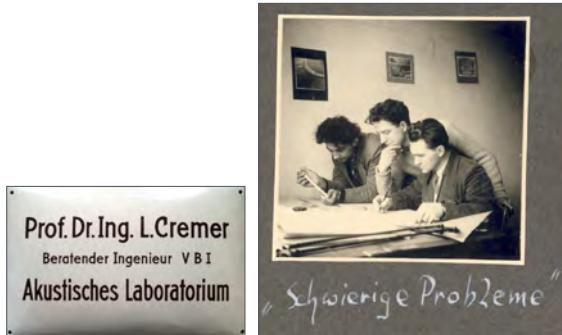


Abb. 11: Manfred Heckl, Helmut Müller und Matthias Hubert (von links) als studentische Mitarbeiter beim Lösen schwieriger Probleme im Akustischen Laboratorium von Lothar Cremer. Manfred Heckl und Matthias Hubert waren später Oberingenieure und Professoren am Institut für Technische Akustik der TU Berlin

Nachdem die Technische Hochschule in Berlin (West) 1946 als Technische Universität wieder eröffnet worden war, dauerte es einige Jahre, bis 1954 ein Institut für Technische Akustik (ITA) der TU Berlin neu- und 1955 das Heinrich-Hertz-Institut (West) wiedergegründet wurde. Obwohl das HHI institutionell von der TUB unabhängig war, wurde die Leitung seiner Abteilungen den Fachprofessoren der TU in Nebentätigkeit übertragen [12].

Am 1.4.1954 übernahm Lothar Cremer die Professur und die Leitung des neugegründeten ITA der TU Berlin und somit 1955 auch die Leitung der Abteilung Akustik des HHI. Die damit verbundene Absicht, sein privates Schalltechnisches Laboratorium in München abzuwickeln, scheiterte jedoch an der in der Nachkriegszeit stark gewachsenen Nachfrage nach kompetenter akustischer Beratung und an der (nach acht Jahren) guten Markteinführung seines Büros.

Dieses Büro wurde deshalb 1958 von Helmut Müller als „Schalltechnisches Beratungsbüro Helmut A. Müller“ übernommen und 1962 mit der Unterstützung der Mitgesellschafter Lothar Cremer, Manfred Heckl, Ludwig Schreiber und Leo Beranek (für das amerikanische Akustikbüro BBN) in die Müller-BBN GmbH (seit 1972 Müller-BBM, MBBM) überführt [5; 9; 15]. Auch in Dresden waren die Einrichtungen der Technischen Hochschule im Februar 1945 so stark zerstört worden, dass der Hochschulbetrieb bis zum Oktober 1946 eingestellt wurde. Nach der Emeritierung von Heinrich Barkhausen 1953 wurden die akustischen Arbeiten am 1950 neugegründeten Institut für Elektro- und Bauakustik der TH Dresden unter der Leitung seines Professors und Direktors

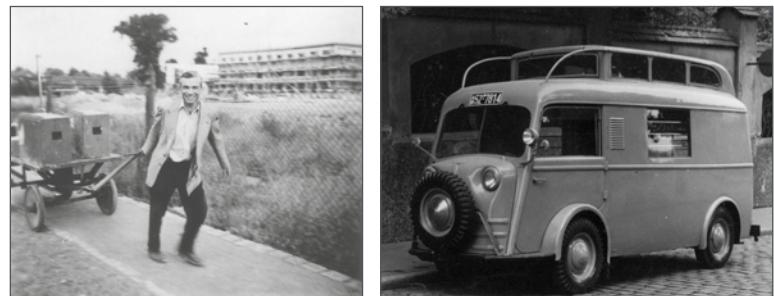


Abb. 12: Akustische Messwagen der Nachkriegszeit in Berlin (links) und München (rechts)

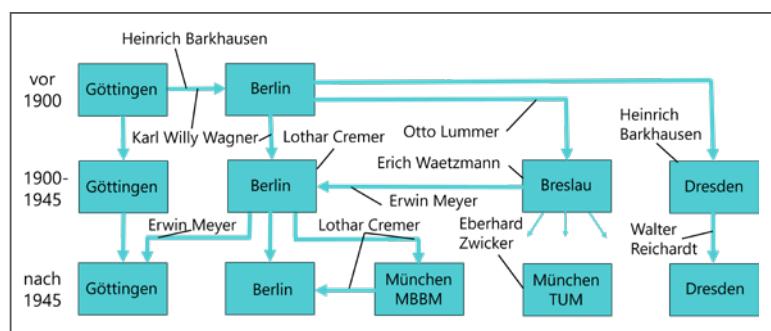
Walter Reichardt fortgeführt [3 (Heft 11); 6; 14].

Mit der Neuordnung der deutsch-polnischen Grenze, die Breslau als Wrocław zu einer Stadt in Polen machte, waren die dortigen deutschen Universitäten aufgelöst und neue polnische Hochschulen gegründet worden [16]. Wie man [3 (Heft 9)] entnehmen kann, konnte sich die große wissenschaftliche Expertise Breslaus danach an vielen Stellen in beiden deutschen Nachkriegsstaaten erheblich einbringen und entfalten. Neben den bisher erwähnten wichtigsten Wirkungsstätten der deutschen Akustik nach 1945 verdient noch eine weitere „Schule“, hier hervorgehoben zu werden, die „Münchener Schule der Psychoakustik“. Ausgehend von Tätigkeiten an der Universität Stuttgart, wo er bei Richard Feldtkeller 1952 promoviert und 1956 habilitiert hatte, wurde Eberhard Zwicker 1967 zum Professor und Direktor des neugegründeten Instituts für Elektroakustik der TH München berufen [3 (Heft 10); 17].

Wie schon in den Abbildungen 5 und 9 können die beschriebenen personellen und organisatorischen Entwicklungen wieder in einem Strukturdiagramm zusammengefasst und veranschaulicht werden (siehe Abbildung 13).

Natürlich wurde die wissenschaftliche Akustik auch an vielen anderen Stellen in Deutschland auf hohem Niveau betrieben und weiterentwickelt, aber es besteht wohl weitgehender Konsens, dass die hier angeführten Schulen (Berlin, Breslau, Göttingen, Dresden und München, vgl. [18]) und die daraus

Abb. 13: Strukturdiagramm zur weiteren Entwicklung der Akustik in den wissenschaftlichen Zentren Deutschlands (nach 1945).



hervorgegangenen Institutionen und Firmen (hier Müller-BBM) die Entwicklung der Akustik unmittelbar nach 1945 entscheidend geprägt haben, nicht nur durch technisch-wissenschaftlichen Fortschritt, sondern vor allem auch durch den großen Wirkungsradius der von ihnen kompetent ausgebildeten Ingenieure und Physiker.

Es würde den Rahmen dieser Rückschau sprengen, hier einen auch nur halbwegs befriedigenden Eindruck von der Vielfalt an Einsichten und Ergebnissen zu versuchen, die die genannten Einrichtungen nach 1945 erarbeitet haben. Stattdessen können nur einige Schwerpunkte die jeweiligen Aktivitäten exemplarisch aufzeigen.

Dabei stellten die von rasantem Wiederaufbau geprägten Nachkriegsjahre in Deutschland große Herausforderungen auch an die Technische Akustik. Denn schnelle und preisgünstige Bauweisen deckten Wissensdefizite und daraus resultierende Qualitätsmängel schonungslos auf. Zudem brachte das sich daran anschließende Wirtschaftswunder erhöhte Ansprüche an Lebensqualität und Komfort mit sich. Lärminderung und Geräuschkomfort erzwangen so schon bald die konsequente interdisziplinäre Einbindung der Akustik in relevante Ingenieurdisziplinen. Die darauf gut vorbereitete Technische Akustik wurde zur Ingenieurakustik [19; 20].

Göttingen

Mit der Zusammenlegung der ganz in der Göttinger Tradition einer anwendungsorientierten Physik stehenden Institute für Angewandte Mechanik und Angewandte Elektrizität waren beste Voraussetzungen für den Aufbau eines breit angelegten Instituts für Schwingungsphysik gegeben. Unterstützt von einer erfolgreichen Einwerbung von Drittmitteln gelang es Erwin Meyer, dem neuen Institut innerhalb weniger Jahre Weltgeltung zu verschaffen.



Abb. 14: Erwin Meyer bei Vorlesung in Göttingen

Spektakulär war der 1953 in Betrieb genommene, mit einem Volumen von $1\,600\text{ m}^3$ damals weltweit größte reflexionsarme Raum, der mit auf die Keilabsorber abgestimmten Helmholtz-Resonatoren und der Verwendung von Graphitpulver für elektromagnetische

Wellen auch zwei wesentliche technische Neuerungen realisierte. Wieviel Aufsehen dieser Raum auch außerhalb der technisch/wissenschaftlichen Öffentlichkeit erregte kann man daraus ersehen, dass die US-amerikanische Zeitschrift „Life International“ 1954 ein Foto des neuen RAR zum Titelbild ihres Sonderheftes über das wiedererwachende Deutschland („Germany – a Giant Awakened“) machte (Abbildung 15, [7; 13]).

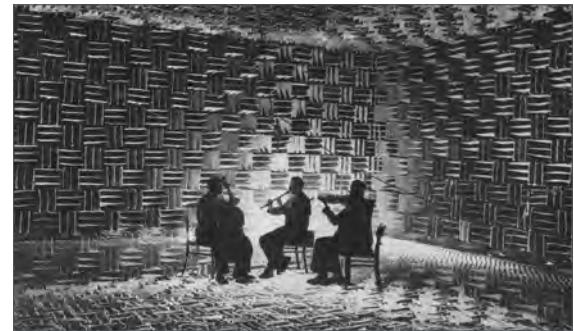


Abb. 15: Titelblatt des Sonderhefts „Germany – a Giant Awakened“ der Zeitschrift „Life International“, 1954

Eine ebenfalls exemplarische Bedeutung kommt sicher auch der vierbändigen Buchreihe Schwingungsphysik zu, die – mit wechselnden Koautoren – aus einer viersemestrigen Experimentalvorlesung Erwin Meyers hervorgegangen ist. Im ersten Band dieser Reihe, der den für die Mitte des 20. Jahrhunderts programmatischen Titel „Physikalische und Technische Akustik“ trägt, ist den Autoren eine beispielhafte Einführung in nahezu alle Teilgebiete der Akustik gelungen, die anschaulich geschrieben ist und gleichwohl eine Fülle an Material, Experimenten und Anwendungen bietet.

Neben exemplarischen Realisierungen auch anderer akustischer Spezialräume (Hallraum, Wasserschallbecken) stachen aus der Vielfalt der wissenschaftlichen Arbeiten Ergebnisse zu neuen Messverfahren und Untersuchungen an porösen Absorbern hervor. Literaturhinweise zu diesen und anderen Arbeiten am DPI finden sich in [3 (Heft 11)] und [13]. Darüber hinaus hat die Göttinger Akustik-Schule auch durch die Vielzahl ihrer profilierten Absolventen großen Einfluss auf die Entwicklung der Akustik in Deutschland gehabt.

Eine weitere wichtige Publikation wurde und war die 1951 von Erwin Meyer mitgegründete und herausgegebene Zeitschrift „Acustica“, die in der Nachfolge der ebenfalls von Erwin Meyer 1936 mitgegründeten „Akustischen Zeitschrift“ schon bald die führende wissenschaftliche Zeitschrift vor allem der deutschsprachigen Akustik wurde und lange blieb.

Dresden

Das 1950 an der TH Dresden neugegründete Institut für Elektroakustik und Bauakustik entwickelte sich unter seinem Gründungsdirektor Walter Reichardt schon bald zur zentralen Einrichtung für die Technische Akustik in der DDR [3 (Heft 11); 14; 21; 22]. Ein früher Schwerpunkt der Akustik in Dresden war die Entwicklung einer leistungsfähigen Modelltechnik, mit der raumakustische Prognosen und darauf gestützte Auslegungen wesentlich verbessert werden konnten. Im Zuge einer Neuordnung der Forschungsschwerpunkte der DDR wurde die Modelltechnik später an der Bauakademie in Berlin (Ost) zu hoher Reife weiterentwickelt.



Abb. 16: Walter Reichardt mit einem Modell der Dresdner Semper-Oper

Weitere Arbeitsschwerpunkte am Dresdener Institut waren neben der Raumakustik insbesondere die Bauakustik, die Elektroakustik und die Sprachakustik. Eine exemplarische Anwendung erfuhr das in der DDR entstandene raumakustische Knowhow beim Wiederaufbau der Dresdener Semperoper (Wiedereröffnung 1985).

Auch für Dresden und die DDR kann der hohe Stand der akustischen Kompetenz beispielhaft an einigen Büchern festgemacht werden, die auch in der westlichen Bundesrepublik anerkannt und sehr beliebt waren. Neben dem von Walter Reichardt verfassten, 1968 erschienenen Buch „Grundlagen der Technischen Akustik“ gilt dies besonders für die ausführliche, fundierte Darstellung der „Bau- und Raumakustik“ von Wolfgang Fasold, Ernst Sonntag und Helgo Winkler sowie für das sehr umfassende zweibändige „Taschenbuch Akustik“.

Abb. 17: Bücher „Bau- und Raumakustik“ und „Taschenbuch Akustik“ aus der DDR



Darüber hinaus verdienen die seit 1964 vom VEB-Verlag Technik herausgegebenen, auch didaktisch hervorragend verfassten und aufgemachten Lehrbriefe für das Fernstudium besondere Erwähnung.



Abb. 18: Lehrbriefe für das Fernstudium aus dem VEB-Verlag Technik der DDR

Trotz vieler institutioneller Erschwernisse ist es den Akustikern in beiden deutschen Staaten über die vielen Jahre gut gelungen, regelmäßige Kontakte zu ihren Kollegen im anderen Teil Deutschlands aufrecht zu erhalten. Es gab immer mal wieder gegenseitige Besuche und Treffen, oft auch in anderen osteuropäischen Ländern, und mitunter wurden restriktive Einschränkungen durch spontane Initiativen umgangen.

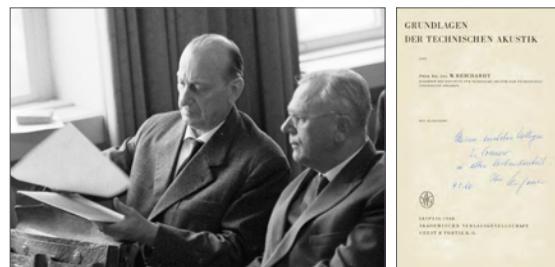


Abb. 19: Erwin Meyer zu Besuch bei Walter Reichardt und Titelblatt des von Walter Reichardt verfassten Buchs „Grundlagen der Technischen Akustik“ mit einer persönlichen Widmung des Autors für Lothar Cremer

Als es ostdeutschen Kollegen einmal kurzfristig untersagt worden war, an einer Veranstaltung in Berlin (West) teilzunehmen, haben westdeutsche Teilnehmer der Veranstaltung am Tag danach spontan einen Besuch in Berlin (Ost) arrangiert und ihre Vorträge bei einem kurzfristig organisierten weiteren Treffen noch einmal gehalten.

Berlin

Auch neun Jahre nach Kriegsende waren die Verhältnisse in Berlin 1954 noch stark von zerstörungsbedingten Einschränkungen geprägt. Mit den in den 60er Jahren dann bezogenen Neubauten, die mit allen gebräuchlichen Spezialräumen, Prüfständen, Labors und Werkstätten ausgestattet waren, waren auch in Berlin beste Voraussetzungen für fruchtbare wissenschaftliche Arbeiten gegeben [3 (Heft 10); 5]. Trotz großer Breite der dabei untersuchten Themen waren die Erforschung der theoretischen Grundlagen



Abb. 20: Lothar Cremer bei Vorlesung in Berlin

der Raum- und Bauakustik sowie die ingenieurmäßige Aufbereitung und Bereitstellung strukturdynamischer Zusammenhänge (Körperschall) vielleicht die für die Entwicklung der aufkommenden Ingenieurakustik wichtigsten Beiträge. Niedergelegt in den von Lothar Cremer mit Helmut Müller verfassten beiden Bänden „Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik“ und dem mit Manfred Heckl verfassten Buch „Körperschall“ fanden die dabei entwickelten Methoden schon bald weite Verbreitung. Noch heute wird das Körperschallbuch nicht nur als anschauliche Einführung, sondern auch als praxisnahes Nachschlagewerk für grundlegende Zusammenhänge oder Abschätzungen herangezogen.

Neben dem schriftlich überlieferten Erbe der Berliner Akustik dokumentiert die 1963 eröffnete Berliner Philharmonie eindrucksvoll, wie neue raumakustische Konzepte im ausgewogenen Zusammenspiel mit bewährten Entwurfsregeln und jahrelangen Erfahrungen trotz vollkommen neuartiger Raumordnungen zukunftsweisend sein können [5].

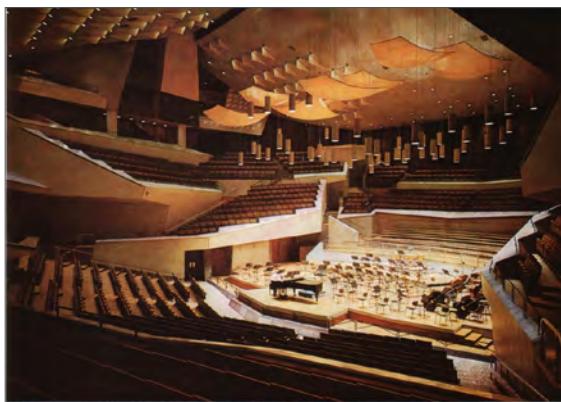


Abb. 21: Innenansicht der 1963 in Berlin eröffneten Philharmonie mit den von Lothar Cremer eingeführten Weinbergblöcken

München (Müller-BBM)

Obwohl Lothar Cremer sich für die wissenschaftliche Arbeit an der TU Berlin entschieden hatte, blieb es ihm ein wichtiges Anliegen, diese Arbeit auch an den praktischen Erfordernissen seiner Zeit auszurichten. Nachdem sich herausgestellt hatte, dass die Nach-

frage nach qualifizierter akustischer Beratung in den Nachkriegsjahren sehr schnell zunahm, war es nahe liegend, das von ihm aufgebaute „Schalltechnische Beratungsbüro“ in München fortzuführen und auch unternehmerisch tragfähig abzusichern. Dies gelang mit der Unterstützung des zu dieser Zeit schon gut eingeführten US-amerikanischen Beratungsbüros „Bolt, Beranek & Newman (BBN), das die aus dem Beratungsbüro entstehende Müller-BBM GmbH 1962 mit einer wesentlichen Beteiligung mitbegründete. Mit wachsender Selbständigkeit und Marktverankerung wurde der Name 1972 in Müller-BBM (Beratungs-Büro München) geändert [9; 15].

Dem aufstrebenden akustischen Beratungsbüro kam eine Pionierrolle bei der Berücksichtigung und Einführung akustischer Kriterien und Eigenschaften von Bauten, Anlagen und Produkten zu. Ausgehend von Prestigeobjekten wie dem Herkulessaal und der Bayerischen Staatsoper in München oder der Liederhalle in Stuttgart wuchs das Unternehmen schnell mit der zunehmenden Beauftragung von Lärmschutz aufgaben. Die Neuartigkeit vieler Problemstellungen erforderte neuartige Maßnahmen und Lösungskonzepte, deren Plan- und Umsetzbarkeit oft erst in Pilotprojekten nachgewiesen werden musste [15; 23]. Neben der Bereitstellung wissenschaftlicher Grundlagen durch die vorhandenen Forschungseinrichtungen war es den Erfolgen einer wachsenden Zahl anwendungsorientierter Ingenieurbüros zu verdanken, dass die Akustik zu einem handhabbaren Werkzeug von Ingenieuren, zur Ingenieurakustik wurde. Ihre Weiterentwicklung, Bereitstellung und Umsetzung haben wesentlich dazu beigetragen, dass beispielsweise

- in den 50er Jahren der schnelle Wiederaufbau trotz kostensparender Bauweise akustische Anforderungen einhalten konnte,
- in den 60er Jahren der Nachweis erbracht werden konnte, dass auch im dichtbesiedelten Deutschland Industrieanlagen umweltverträglich betrieben werden können,
- passive Schallschutzmaßnahmen und ab den 70er Jahren auch Erfolge bei der systematischen Untersuchung von Rollgeräuschen trotz zunehmendem Verkehr eine Minderung der Verkehrslärm belastung möglich machten.

All diese Aufgaben konnten in den ersten Jahren auf keinerlei Erfahrung und somit auch nicht auf daraus resultierende Hilfsmittel oder Lösungskonzepte zurückgreifen. Diese mussten mit aufwändigen Erstuntersuchungen und Musterlösungen erst gewonnen werden [9; 15; 23]. In der Abbildung 22 ist dies mit einer Ballonmessung zur Bestimmung der Schallabstrahlung von Schornsteinen und mit einer ersten, per Rechenschieber von Hand ermittelten Lärmkar te veranschaulicht.

Der bis in die 70er Jahre erreichte Stand der Technik in der Technischen und Ingenieurakustik kann im 1975 erschienenen, von Manfred Heckl und Helmut Müller herausgegebenen „Taschenbuch der Technischen Akustik“ nachgelesen werden.

München (TH München)

Da Akustik sich in erheblichem Umfang mit vom Menschen wahrnehmbarem Schall befasst, kommt der hörrichtigen Erfassung und Bewertung von Schallen in Theorie und Praxis große Bedeutung zu. Mit der Gründung und Einrichtung des Instituts für Elektroakustik 1967 an der TH München unter der Leitung von Eberhard Zwicker wurde die Psychoakustik, die Untersuchung aller Aspekte der subjektiven Schallempfindung, zum systematisch betriebenen Gegenstand umfassender Forschungen gemacht.

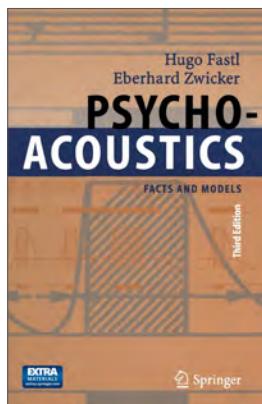


Abb. 23: Eberhard Zwicker und die dritte, englischsprachige Auflage seines Buchs Psychoakustik.

Mit der Definition und wissenschaftlichen Begründung geeigneter psychoakustischer Kenngrößen und der Bereitstellung von Algorithmen und Apparaturen für den praktischen Einsatz konnten die wesentlichen Voraussetzungen für eine gehörrichtige Messung und Bewertung von Schallen geschaffen werden.

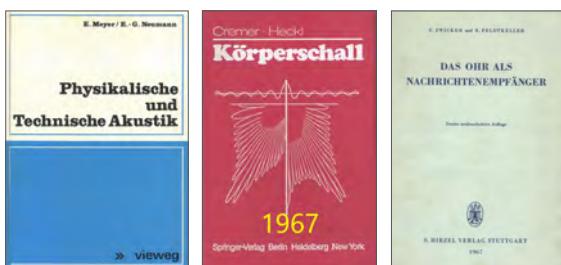


Abb. 24: Wichtige Akustik-Bücher der 60er Jahre

Auch wenn die Praxiseinführung einer auf psychoakustischen Kenngrößen basierenden Schallbewertung viele Widerstände zu überwinden hatte, konnte sie sich mit den Jahren vor allem in der Qualitätsbeurteilung von Schallen durchsetzen. Ihre Entwicklung kann anhand der in [3 (Heft 10); 8; 17] gegebenen Literatur gut nachvollzogen werden.

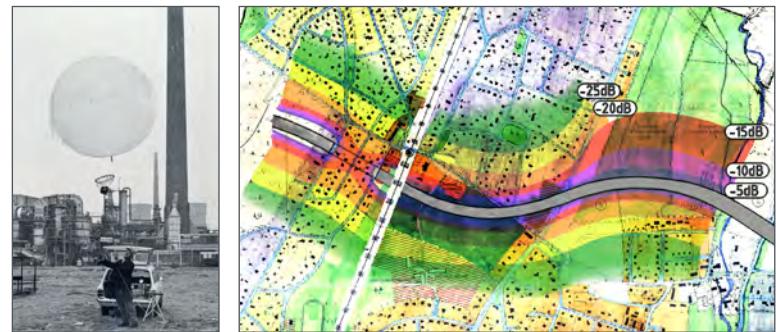


Abb. 22: Ballonmessung zur Bestimmung der Schallabstrahlung von Schornsteinen und von Hand berechnete Lärmkarte an einer Straße

Zusammenfassung

Die Jahre nach dem zweiten Weltkrieg haben der damals von vielen als unattraktiv unterschätzten Akustik, der es an lohnenden Herausforderungen mangelte, eine unerwartete und deshalb umso verblüffendere Renaissance beschert. Mit dem Wiederaufbau und der damit einhergehenden Mechanisierung und Technisierung unserer Gesellschaft war sie in kurzer Zeit zu einer wichtigen Querschnittsdisziplin moderner Technik geworden. Mit den wachsenden Aufgaben wuchs naturgemäß auch die Zahl der mit ihnen befassten Einrichtungen, sowohl in der Wissenschaft als auch in Behörden, Verbänden, Betrieben und bei den Ingeniedienstleistern.

Im Zusammenwirken dieser Einrichtungen gelang es, mit

- öffentlicher Förderung anwendungsbezogener F&E-Vorhaben,
- praxisgerechter Aufbereitung der Ergebnisse,
- verbindlicher Bereitstellung von Handlungsvorschriften, Richtlinien und Normen und schließlich mit der
- Festbeschreibung bewährter Standards in gesetzlichen Vorschriften

akustisches Know-how, akustische Regeln der Technik zu entwickeln und für die Praxis verfügbar zu machen. Insbesondere die VDI-Kommission Lärmininderung mit ihren kompetent besetzten Ausschüssen spielte in den 60er und 70er Jahren eine herausragende Rolle bei der Zielsetzung und Koordination dieser Vorhaben wie auch bei der Überführung ihrer Ergebnisse in praxistaugliche Richtlinien [23].

In ihren universitären Zentren war die Akustik in Deutschland 1970, im Jahr der ersten DAGA, vom Generationswechsel geprägt. Nach der Emeritierung von Erwin Meyer (1967) und Walter Reichardt (1968) führten die zu ihren Nachfolgern berufenen Wolfgang Kraak (1968 in Dresden) und Manfred Schröder (1969 in Göttingen) zusammen mit dem in München neu berufenen Ordinarius für Elektroakustik, Eberhard Zwicker, ihre Institute in die nächsten Jahrzehnte. Auch Lothar Cremer, der 1970, wenige

Wochen vor der ersten DAGA, seinen 65. Geburtstag gefeiert hatte, stand kurz vor seiner Emeritierung (1972), nach der 1973 dann Manfred Heckl zu seinem Nachfolger in Berlin berufen wurde.



Abb. 25: Manfred Schröder (links) als Nachfolger von Erwin Meyer an der Universität Göttingen und Manfred Heckl (rechts) als Nachfolger von Lothar Cremer an der TU Berlin



Abb. 26: Walter Wöhle, Wolfgang Kraak und Arno Lenk (von links) als Nachfolger von Walter Reichardt an der TU Dresden

Aber es hatten sich weitere Zentren gebildet und entwickelt, nicht nur an Universitäten, sondern auch in anderen Forschungseinrichtungen. Schon bald nach dem Krieg konnten auch andere Institute deutscher Hochschulen (etwa in Stuttgart und Aachen) wesentlich dazu beitragen, den Stand der Technik in der Akustik fortzuschreiben. Zusammen mit später auch von Absolventen existierender Institute neu gegründeten und geprägten akustischen Hochschulinstituten (z. B. in Bochum, Darmstadt, Oldenburg u. v. a., auch in den neuen Bundesländern) entstand so eine blühende und äußerst fruchtbare Akustik-Landschaft, die den neuen „Schulen“ zusammen mit den alten weitere große Fortschritte, das erfolgreiche Vordringen in neue Anwendungsbereiche und zahlreiche qualifizierte Absolventen verdankt.

Das gilt auch für viele kompetente Behörden und Forschungsgesellschaften wie die Physikalisch-Technische Bundesanstalt in Braunschweig und Berlin oder die Fraunhofer-Gesellschaft (z. B. Institut für Bauphysik, IBP, in Stuttgart). Die Akustik, die Physische, die Technische und die Ingenieurakustik hatten Fuß gefasst und waren aus dem technisch/na-

turwissenschaftlichen Leben der beiden deutschen Staaten nicht mehr wegzudenken.

Mit der gewachsenen Bedeutung und dem damit verbundenen Selbstbewusstsein ihrer Disziplin stieg auch der Wunsch der Akustiker nach einer eigenen, bedeutungsadäquaten Organisations- und Kommunikationsplattform. Und so war es nur natürlich, dass in den 60er Jahren diesbezügliche Wünsche und Ideen formuliert und diskutiert wurden. Die daraus resultierenden Gründungen der Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Akustik (DAGA, 1970) und der Deutschen Gesellschaft für Akustik (DEGA, 1989) sind in [1] beschrieben. Dort kann auch die Existenz und Entwicklung vorausgegangener akustischer Fachgruppierungen und Veranstaltungen in Deutschland zurückverfolgt werden.

Schlussbemerkungen

Der hier versuchte Rückblick hat sich auf eine stark komprimierte Darstellung der technisch/wissenschaftlichen Akustikentwicklung bis zur Gründung der Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Akustik (DAGA) und ihrer ersten Gemeinschaftstagung „Akustik und Schwingungstechnik“ im Jahr 1970 beschränkt. In der Absicht, dennoch das Typische der Entwicklung erkennbar zu machen, hat er dabei viele bedeutsame Zweige der enorm vielseitigen Akustik unerwähnt lassen müssen. Da die DAGA-Tagung in der Lage war, im Lauf ihrer Jahre eine wirklich weit gespannte Tagungsbeteiligung der Akustik zu erreichen, erlauben ihre Tagungsbände [24] eine sehr umfassende Übersicht über die Entwicklung der technisch/wissenschaftlichen Akustik in Deutschland seit 1970, ihrer Anwendungen und vor allem auch der vielen Personen und Einrichtungen, die diese Entwicklung tragen und getragen haben. Ihre Zahl ist enorm gewachsen und hat die Bedeutung großer Zentren oder „Schulen“ der Akustik vielleicht geringer werden lassen. Die Bedeutung der Akustik insgesamt ist dadurch aber sicher nur größer geworden.

Danksagung

Der Verfasser dankt allen, die ihm seit vielen Jahren mit zahllosen Dokumenten und Materialien, vor allem aber mit ihren persönlichen Erinnerungen geholfen haben, sein Interesse an historischen Zusammenhängen in der Akustik zu entwickeln und zu vertiefen. Besonderer Dank gilt Peter Költzsch, der mit seiner umfangreichen Sammlung und Darstellung zur Geschichte der Akustik eine unschätzbare Fundgrube geschaffen und als DEGA-Schriftenreihe [3] öffentlich zugänglich gemacht hat.

Bildnachweis

Der Verfasser dankt auch allen direkt und indirekt beteiligten Personen und Einrichtungen für die mit freundlicher Genehmigung zur Verfügung gestellten Fotos und Abbildungen: der Deutschen Gesellschaft für Akustik (DEGA), der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB), dem Institut für Technische Akustik der TU Berlin, dem Universitätsarchiv der TU Dresden, den Verlagen Springer und Hirzel, der Firma Müller-BBM sowie den Herren Rolf Dietzel, Joachim Feldmann, Heinz-Martin Fischer, Dieter Guicking, Martin Klemenz, Peter Költzsch, Lothar Kurtze, Michael Möser und Tilmann Zwicker.

Literatur

- [1] Scheuren, J.: 50 Mal DAGA – Forum und Wegweiser der Akustik in Deutschland. *Akustik Journal* 02/24, Deutsche Gesellschaft für Akustik e. V. (DEGA), Berlin, Heft 2 (2024), S. 7–17, 2024.
- [2] Beyer, R. T.: Sound of our Times – Two hundred years of Acoustics. Springer New York, 1999.
- [3] Költzsch, P.: Schriftenreihe zur Geschichte der Akustik, Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA), insbes. Heft 1 (2010) und Hefte 9–11 (2018/2019).
<https://www.dega-akustik.de/geschichte>
- [4] Activities in Acoustics of European Research Centers and Companies during the 20th Century. Structured Session at Forum Acusticum 2023 (organized by J. Scheuren and A. Dobrucki). Proceed. 10th Forum Acusticum of EAA, Turin, 2023;
also to be published separately as an electronic booklet.
- [5] Scheuren, J.; Möser, M.: The Institute of Technical Acoustics at the Technical University of Berlin – a foundation at the right time and place. Proceed. 10th Forum Acusticum of EAA, Turin, 2023.
- [6] Hofmann, R.: History of the Institute of Acoustics and Speech Communications of the TU Dresden. Proceed. 10th Forum Acusticum of EAA, Turin, 2023.
- [7] Mettin, R.; Lauterborn, W.: Acoustics in Göttingen: Research at the Drittes Physikalisches Institut during the 20th Century (and beyond). Proceed. 10th Forum Acusticum of EAA, Turin, 2023.
- [8] Seeber, B.: Echoes from the archives of the Munich School of Psychoacoustics. Proceed. 10th Forum Acusticum of EAA, Turin, 2023.
- [9] Scheuren, J.: Turning and providing Acoustics to engineering practice – foundation and early development of Müller-BBM in Germany. Proceed. 10th Forum Acusticum of EAA, Turin, 2023.
- [10] Költzsch, P.; Klemenz, M.: Hermann von Helmholtz – zum 200. Geburtstag. *Akustik Journal* 03/21, Deutsche Gesellschaft für Akustik e. V. (DEGA), Berlin, Heft 3 (2021), S. 7–15, 2021.
- [11] Hermann von Helmholtz – Berliner Kolloquium zum 100. Todestag. Hrsg.: D. Hoffmann, H. Lübbig; PTB-Texte Band 5, Braunschweig, Oktober 1996.
- [12] Gundlach, F.W.: Das Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung. 50 Jahre Heinrich-Hertz-Institut, Vortragsband, HHI GmbH, S. 4–16, Berlin (1978).
- [13] Guicking, D.: Erwin Meyer – ein bedeutender deutscher Akustiker. Universitätsverlag Göttingen, 2012.
- [14] Festschrift zum Ehrenkolloquium Reichard – Kraak – Wöhle am 4. Juli 2003. Institut für Akustik und Sprachkommunikation, TU Dresden, 2003.
- [15] Sanguinetti, K. et al.: Jetzt wo Sie es sagen, riech' ich es auch. Gespräche und Beiträge zur frühen Firmengeschichte von Müller-BBM, München, 2010.
- [16] Dobrucki, A.; Költzsch, P.: The history of Acoustics in Breslau/Wroclaw before and after 1945 – a bridge over time. Proc. of the 23rd International Congress on Acoustics (ICA), Aachen, S. 7007–7014, 2019.
- [17] Fastl, H.: Eberhard Zwicker – zum 100. Geburtstag. *Akustik Journal* 01/24, Deutsche Gesellschaft für Akustik e. V. (DEGA), Berlin, Heft 1 (2024), S. 7–14, 2024.
- [18] Költzsch, P.: Was ist eine wissenschaftliche „Schule“ der Akustik? *Akustik Journal* 01/18, Deutsche Gesellschaft für Akustik e. V. (DEGA), Berlin, Heft 1 (2018), S. 31–49, 2018.
- [19] Scheuren, J.: Entwicklung, Bedeutung und Perspektiven der Ingenieurakustik zwischen physikalischer Wissenschaft und angewandter Technologie. Fortschritte der Akustik – Beiträge zur DAGA 2016, DEGA, Aachen, S. 1–14, 2016.
- [20] Scheuren, J.: The consolidation of Engineering Acoustics as an example of contextual history of science. Proc. of the 23rd International Congress on Acoustics (ICA), Aachen, S. 7002–7006, 2019.
- [21] Schommartz, G.: Zur Akustik in der ehemaligen DDR. Fortschritte der Akustik – Beiträge zur DAGA 1991, DPG GmbH, Bochum, S. 13–33, 1991.
- [22] Kraak, W.: Die Dresdner Schule der Akustik. Fortschritte der Akustik – Beiträge zur DAGA 1991, DPG GmbH, Bochum, S. 93–104, 1991,
- [23] Scheuren, J.: 100 Jahre Technische Lärminderung in Deutschland. Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Heft 6, S. 199–218, 2002.
- [24] DAGA-Tagungsände: Fortschritte der Akustik – DAGA 1970–2024 im Online-Archiv der DEGA
<https://www.dega-akustik.de/publikationen/online-proceedings> ■



**Prof. Dr.-Ing.
Joachim Scheuren**
Müller-BBM,
Planegg

Verwendung von Audioobjekten im Fahrzeug

Christoph Sladeczek, Mario Seideneck, Wolfgang Lorenz, Anja Chilian, Draško Mašović, Katrin Pursche, Joachim Bös

Aktuelle Studien zeigen, dass sich der Fahrzeuginnenraum so stark verändern wird wie seit Jahrzehnten nicht mehr. Neue Nutzungskonzepte verlagern den Fokus auf das Innenraumerlebnis. Damit verbunden sind völlig neue Anforderungen an das Audiosystem. Die Verfügbarkeit immersiver Unterhaltungstechnologien, die für neue Komfortfunktionen und mobile Arbeiten genutzt werden, wird essenziell. Durch den veränderten Aufmerksamkeitsfokus wird nicht nur die personalisierte Klanginszenierung selbst, sondern auch deren korrekte räumliche Abbildung eine neue Bedeutung erhalten. Dies gilt für eine Vielzahl von Funktionen wie Komfort, Fahrsicherheit, Wohlbefinden oder Kommunikation. In diesem Zusammenhang wird der Aufwand für die Erstellung von Audioinhalten eine wesentliche Rolle spielen, was eine neue, einheitliche Schnittstelle für die räumliche Darstellung erfordert, um den Produktionsaufwand zu begrenzen. Dieser Beitrag beschreibt, wie objektbasiertes Audio (OBA) als Schnittstellentechnologie genutzt werden kann, um diese Anforderungen zu erfüllen.

Einleitung

Der Fahrzeuginnenraum wird sich in naher Zukunft stark verändern. Viele Fahraufgaben werden zunehmend von intelligenten Assistenzsystemen übernommen. Dadurch verlagert sich der Fokus der Insassen von der Straße auf das Erlebnis im Innenraum, und die Schnittstelle zwischen fahrender Person und Fahrzeug erfährt neue Aufmerksamkeit [1]. Heutige Assistenzsysteme konzentrieren sich häufig auf visuelle Informationen und schöpfen das Potenzial des akustischen Kanals nicht voll aus, obwohl das Ohr permanent empfängt und Informationen aus allen Richtungen wahrnimmt [2, 3]. Um den steigenden Ansprüchen an Komfort, Kommunikation und Sicherheit gerecht zu werden, spielt die auditive Schnittstelle eine immer wichtigere Rolle. Der Einsatz immersiver Technologien ist von entscheidender Bedeutung, um das Erlebnis im Fahrzeug neu zu definieren [4]. Damit steigen auch die Anforderungen an die Audiosysteme im Fahrzeug, um sie für neue Anwendungsbereiche nutzbar zu machen. Gleichzeitig besteht seitens der Fahrzeughersteller der Wunsch, alle Audiofunktionen über ein zentrales Soundsystem wiederzugeben, so dass keine zusätzlichen Lautsprecher für spezifische

Using audio objects in the vehicle

Current studies show that vehicle interiors will change more than they have for decades. New usage concepts shift the focus to the interior experience. This is associated with completely new demands on the audio system. The availability of immersive entertainment technologies, which are used for new comfort functions and mobile working, becomes essential. The changed focus of attention means that not only the personalized sound staging itself, but also its correct spatial representation will take on a new significance. This applies to a wide range of functions such as comfort, driving safety, well-being, and communication. In this context, the effort required to create audio content will play a significant role, requiring a new, standardized interface for spatial representation in order to limit the production effort. This article describes how object-based audio (OBA) can be used as an interface technology to meet these requirements.

Funktionen eingebaut werden müssen.

Neue Anwendungen zukünftiger Audiosysteme sind in Abbildung 1 dargestellt. Ziel ist es, interaktive, immersive Hörerlebnisse im Fahrzeug zu schaffen, die nicht nur der Unterhaltung dienen, sondern auch ein akustisches Abbild der Fahrzeugumgebung und der Fahrzeugfunktionen selbst ermöglichen. Durch eine räumlich korrekte Wiedergabe von Warnsignalen kann die Aufmerksamkeit auf potenzielle Gefahrenquellen außerhalb des Fahrzeugs gelenkt werden. Die Wahrnehmung des Fahrzeugverhaltens kann aktiv unterstützt werden, indem künstlich generierte Funktionsklänge ihre räumliche Position fahrdynamisch verändern oder sich immersiv im Fahrzeuginnenraum ausbreiten. Darüber hinaus kann eine Individualisierung des Fahrerlebnisses erreicht werden, indem die gesamte Innenraumakustik im Fahrzeug an persönliche Vorlieben angepasst wird.

Da die Anwendungen in unterschiedlichen Fachabteilungen der Automobilhersteller entwickelt werden, ist die Art und Weise, wie Audioinhalte für die verschiedenen Fahrzeugplattformen kreiert werden, ein entscheidender Faktor für die Bestimmung des erforderlichen Audioproduktionsaufwands. Gleichzeitig



Abb. 1: Illustrierte Verwendung von Audioobjekten im Fahrzeug für unterschiedliche Anwendungsfälle. Während räumliche Entertainment-inhalte wiedergegeben werden (violett), erfolgt auch die richtungskorrekte Wiedergabe eines akustischen Warnsignals (blau) und eines Funktionsklangs (grün) über das Audiosystem.

führt der Trend immersiver Wiedergabetechnologien zu höheren Qualitätsansprüchen der Nutzerinnen und Nutzer an die Audiosysteme, sodass neben der klanglichen Brillanz auch eine hohe räumliche Wiedergabequalität gefordert wird. Der objektbasierte Audioansatz bietet als interaktive Schnittstelle und Gesamtsystemarchitektur neue Möglichkeiten, diese Anforderungen zu erfüllen.

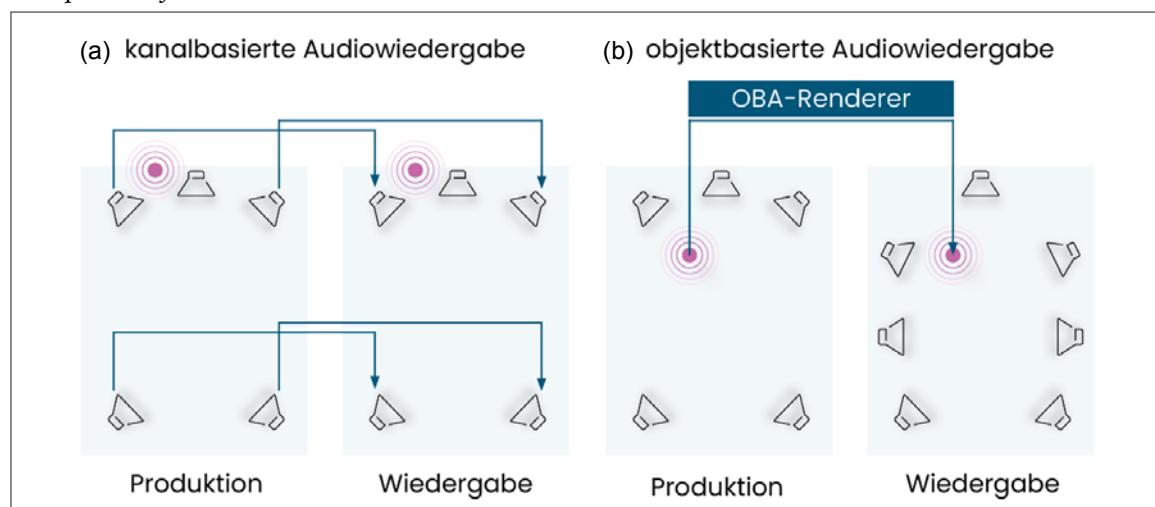
Objektbasiertes Audio

Bei der klassischen kanalbasierten Audioproduktion werden Lautsprechersignale als Ergebnis der Mischnung gespeichert. Da die räumliche Information des Audiosignals in den Lautsprechersignalen ko-

diziert ist, müssen für eine korrekte räumliche Wiedergabe sowohl die Anzahl als auch die Positionen der Wiedergabelautsprecher identisch mit der Produktions situation sein. Das zeigt Abbildung 2(a).

Da dies im Fahrzeug in der Regel nicht gewährleistet werden kann, wird seit jeher versucht, durch Remix-, Downmix- und Upmix-Algorithmen die räumliche Information in den gespeicherten Lautsprechersignalen so zu verändern, dass die neu generierten Ausgangssignale an die Anzahl und Positionierung der Lautsprecher angepasst sind [5]. Hierzu werden einfache Algorithmen, wie die gewichtete Addition der Ausgangskanäle, bis hin zu komplexen Algorithmen zur Quellentrennung verwendet. Bei stark begrenzten

Abb. 2: Kanalbasierter und objektbasierter Audiowiedergabeansatz. Während bei der kanalbasierten Audiowiedergabe (a) das Lautsprecher setup identisch bei Produktion und Wiedergabe sein muss, damit Audioinhalte korrekt räumlich wiedergegeben werden können, erlaubt die objektbasierte Wiedergabe (b) die Verwendung unterschiedlicher Lautsprecher aufbauten.



Prozessorressourcen ist eine solche Anpassung immer kompromissbehaftet. Ein wesentlicher Nachteil ist der hohe Produktionsaufwand, der sich aus der Kombination von fehlender Flexibilität und gleichzeitiger Variantenvielfalt der Fahrzeugplattformen ergibt, insbesondere durch unterschiedliche Lautsprechersetups in diversen Ausstattungsvarianten. Hinzu kommt, dass die Abbildung von Quellbewegungen nicht möglich ist, da die beschriebenen Algorithmen keine interaktive Anpassung der räumlichen Audioinhalte erlauben. Im Gegensatz zur kanalbasierten Audioproduktion liefert eine objektbasierte Produktion keine fertigen Lautsprechersignale. Objektbasiertes Audio ist ein Konzept für die Speicherung, Übertragung und Wiedergabe von Audioinhalten, bei der Audioobjekte durch ein Audiosignal und zugehörige Metadaten definiert sind [6]. Die Metadaten beschreiben Eigenschaften der Audioobjekte wie Position, Typ oder Verstärkung. Eine Audioszene besteht aus mehreren Audioobjekten, die statische oder dynamische Eigenschaften haben können. Der Vorteil gegenüber kanalbasierten Methoden besteht darin, dass die so definierten Audioszenen unabhängig von der Lautsprecherkonfiguration sind, da die Erzeugung der Lautsprechersignale erst unmittelbar im Wiedergabeprozess stattfindet. Der Prozess der Berechnung von Wiedergabesignalen wird als Rendering bezeichnet. So müssen im Idealfall Inhalte nur einmal produziert werden, da sie durch eine einfache Konfiguration des Renderings auf einem nahezu beliebigen Lautsprechersetup wiedergegeben werden können. Dies zeigt schematisch Abbildung 2(b). Für die Wiedergabe von Audioobjekten über Lautsprecher stehen verschiedene Methoden zur Verfügung, die von einfachen Stereofonieverfahren bis hin zu komplexen Schallfeldrekonstruktionsverfahren reichen [7, 8]. Mathematisch kann das objektbasierte Rendering im Frequenzbereich durch

$$S(\vec{r}, \omega) = \sum_l T_l(\omega) Q_l(\vec{r}_0, \omega) F_l(\omega) G_l(\vec{r}|\vec{r}_0, \omega)$$

beschrieben werden. Das Schallfeld $S(\vec{r}, \omega)$ eines Audioobjekts mit der Kreisfrequenz $\omega = 2\pi f$ an einer beliebigen Hörposition \vec{r} innerhalb eines Hörbereichs ergibt sich durch die Superposition der Schallfelder jedes beteiligten Lautsprechers l an der Position \vec{r}_0 , der mit der Funktion

$$Q_l(\vec{r}_0, \omega) = L_l(\vec{r}_0) C_l(\omega) D_l(\omega) A(\omega)$$

angesteuert wird. Die in der Theorie häufig verwendete Greensche-Funktion $G_l(\vec{r}|\vec{r}_0, \omega)$ einer Monopolschallquelle gilt nur unter Freifeldbedingungen. Reale Übertragungseigenschaften wie Richtcharakteristik und Raumakustik sind in $F_l(\omega)$ zusammengefasst.

Um eine möglichst vergleichbare Abstrahlfunktion aller Lautsprecher zu erreichen, wird die Korrekturfunktion $T_l(\omega)$ im Tuningprozess bestimmt. Sie berücksichtigt Eigenschaften wie Laufzeit, Lautstärke, Kennlinie und Abstrahlverhalten des Lautsprechers, die in der Regel durch akustische Messungen ermittelt werden. Abhängig von der gewählten Schallfeldrekonstruktionsmethode kann $Q_l(\vec{r}_0, \omega)$ verschiedene Terme aufweisen. Im Beispiel ergeben sich bei einer Metadatenänderung Verstärkungs- C_l und Verzögerungswerte D_l , die auf das Audioeingangssignal A pro Lautsprecher angewendet werden. Da übliche Lautsprecherkonfigurationen in Fahrzeugen aus einigen wenigen bis zu mehreren Dutzend Lautsprechern bestehen können, die eine dreidimensionale Verteilung aufweisen, beinhalten objektbasierte Rendering-Technologien häufig eine Funktion $L(\vec{r}_0)$ zur Auswahl relevanter Lautsprecher in Abhängigkeit von der Position des Audioobjekts. Hierbei ist es wichtig, dass die Gesamtlautstärke im Wiedergaberaum unabhängig von der Position der virtuellen Schallquelle ist. Das bedeutet, dass je nach Anzahl der Lautsprecher, die an der Wiedergabe eines einzelnen Objekts beteiligt sind, eine Lautstärkekorrektur vorgenommen werden muss. Dies ist insbesondere bei irregulären Lautsprecheranordnungen der Fall, d.h. wenn die Lautsprecher des Wiedergabesystems unregelmäßig im Raum verteilt sind und eventuell sogar unterschiedliche Abstände zur Raummitte haben.

Die Ansätze der existierenden OBA-Algorithmen zur Berechnung von $Q_l(\vec{r}_0, \omega)$ unterscheiden sich zum Teil sehr. Gemein ist ihnen, dass zur Konfiguration des Renderings oftmals die realen Positionen der Lautsprecher im Wiedergaberaum verwendet werden. Die Metadaten der Audioobjekte, die für die Berechnung der genannten Koeffizienten herangezogen werden, sind üblicherweise die Positionen und die Lautstärke des wiederzugebenden Signals. Einige Algorithmen erlauben die Benutzung zusätzlicher Objekteigenschaften, wie die Abstrahlcharakteristik und die räumliche Ausdehnung.

Erzeugung von Metadaten für objektbasiertes Rendering im Fahrzeug

Der Einsatz des objektbasierten Audioansatzes als Schnittstellentechnologie im Fahrzeug ist in Abbildung 3 dargestellt. Der objektbasierte Audiorenderer ist eine Software, die interaktiv die Lautsprechersignale berechnet. Das im Fahrzeug verbaute Lautsprechersetup wird dem Audiorenderer über eine Konfiguration bekannt gemacht. Darin finden sich üblicherweise Informationen zu Position und Typ der verwendeten Lautsprecher. Um aus den Audioobjekten Lautsprechersignale für ein definiertes Lautsprechersetup

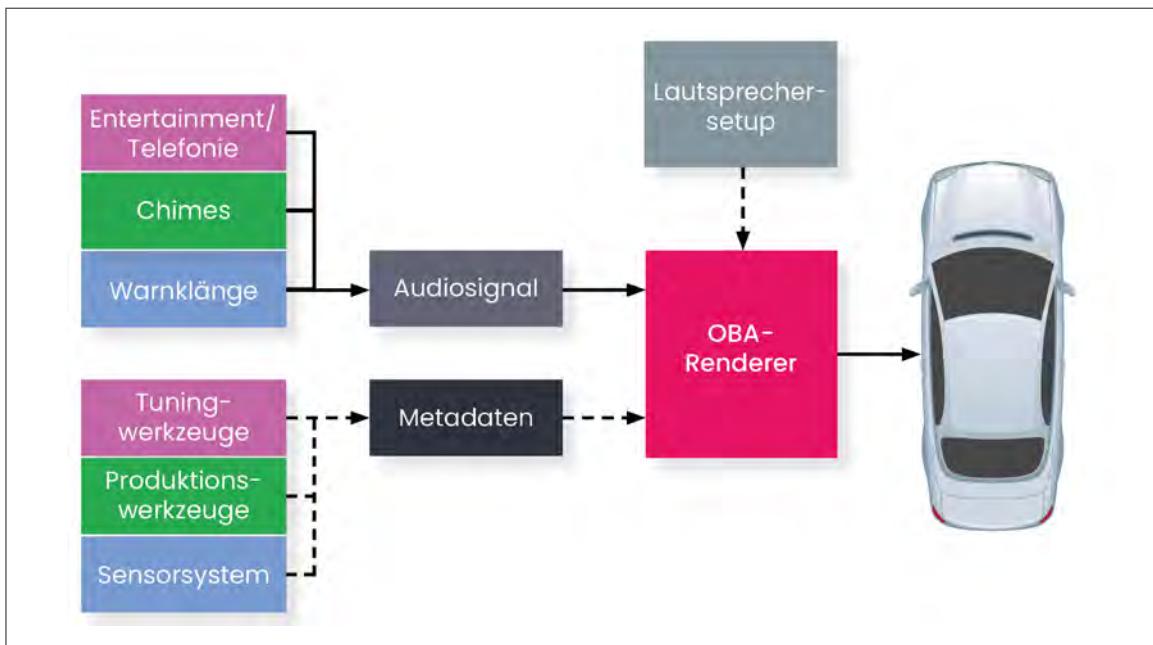


Abb. 3: Konzept zur Verwendung von Audioobjekten im Fahrzeug. Der objektbasierte Audiorenderer kennt das konkrete Lautsprechersetup im Fahrzeug, wie z. B. Position und Typ der Lautsprecher. Anwendungsabhängig erfolgt die interaktive Zuspielung von Audiosignalen synchronisiert mit den zugehörigen Metadaten. Sowohl die Metadaten als auch die Audiodaten können auf unterschiedliche Art und Weise generiert werden.

zu generieren, müssen dem Renderer Audio- und Metadaten synchronisiert zur Verfügung gestellt werden. Der Audiorenderer benötigt hingegen keinerlei Informationen darüber, aus welcher Quelle der Audioinhalt und die Metadaten stammen. Dies ermöglicht eine unabhängige Verwendung für verschiedene Anwendungen und eine einfache Entwicklung. Zur Realisierung interaktiver Audiosysteme wird eine pufferbasierte Audiosignalverarbeitung verwendet. Dabei werden die Audiodaten in kleine Segmente, sogenannte Puffer, unterteilt, die anschließend nacheinander bearbeitet werden. Um die Synchronisation zwischen Audio- und Metadaten zu ermöglichen, muss das Verarbeitungssystem sicherstellen, dass für die Bearbeitung eines Audiopuffers immer der relevante Metadatensatz zur Verfügung steht.

Abbildung 3 zeigt die objektbasierte Audioschnittstelle beispielhaft für verschiedene Automotive-Anwendungen. Während bei Telefonie und Entertainment die Audiosignale live in das Audiosystem gestreamt werden, handelt es sich bei den Chimes (z. B. Willkommens- oder Interaktionsklänge) und Warnklängen um vorproduzierte Inhalte, die zum Wunschzeitpunkt abgespielt werden. Die zugehörigen Metadaten können verschiedenen Quellen entstammen und unterschiedliche zeitliche Auflösungen haben. Es wird zwischen statischen, automatisierten und interaktiven Audioobjekten unterschieden [9].

Statische Audioobjekte:

Für Anwendungen im Bereich Entertainment oder Telefonie können Audioobjekte verwendet werden, deren Eigenschaften, wie z. B. Position und Typ, zeitlich konstant sind. Mithilfe eines Produktionswerkzeugs wird eine Audioszene erstellt, die durch einen statischen Satz an Metadaten beschrieben wird. Dadurch können beispielsweise kanalbasierte Audiodaten auf beliebigen Lautsprecheranordnungen wiedergegeben werden, indem statische Audioobjekte als virtuelle Lautsprecher genutzt werden. Dies zeigt Abbildung 4(a) auf der folgenden Seite.

Automatisierte Audioobjekte:

Sollen bestimmte Klangereignisse mit verschiedenen Funktionen im Fahrzeug verknüpft werden, können automatisierte Audioobjekte zum Einsatz kommen. Die Wiedergabe der vorproduzierten Audio- und Metadaten wird durch ein bestimmtes Ereignis ausgelöst. Dies erfordert ein Produktionswerkzeug, in dem man Positions- und Eigenschaftsänderungen der Audioobjekte über einen bestimmten Zeitraum definiert. Die so generierten Metadaten können als Wertefolgen abgespeichert werden. Gestartet durch einen Auslöser werden diese Wertefolgen an den Audiorenderer gesendet. Eine mögliche Anwendung für automatisierte Audioobjekte ist das Abspielen eines individuellen, sich dreidimensional um die fahrende Person bewegenden Willkommensklangs beim Einstieg in das Fahrzeug. In Abbildung 4(b) (siehe folgende Seite) wird dies beispielhaft gezeigt.

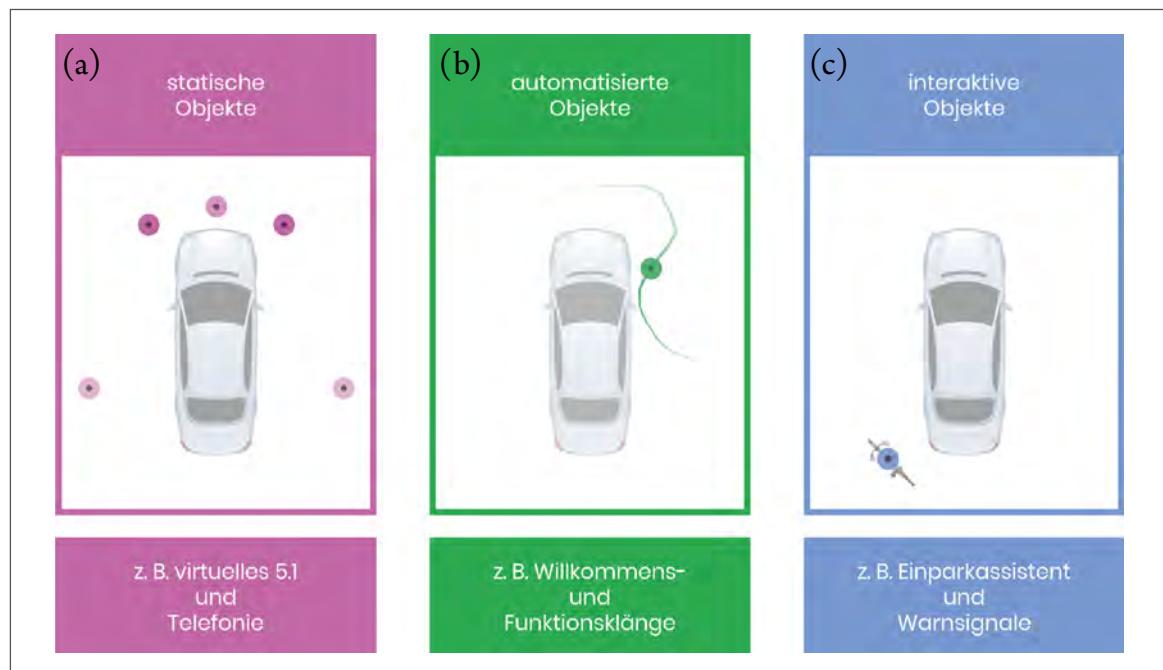
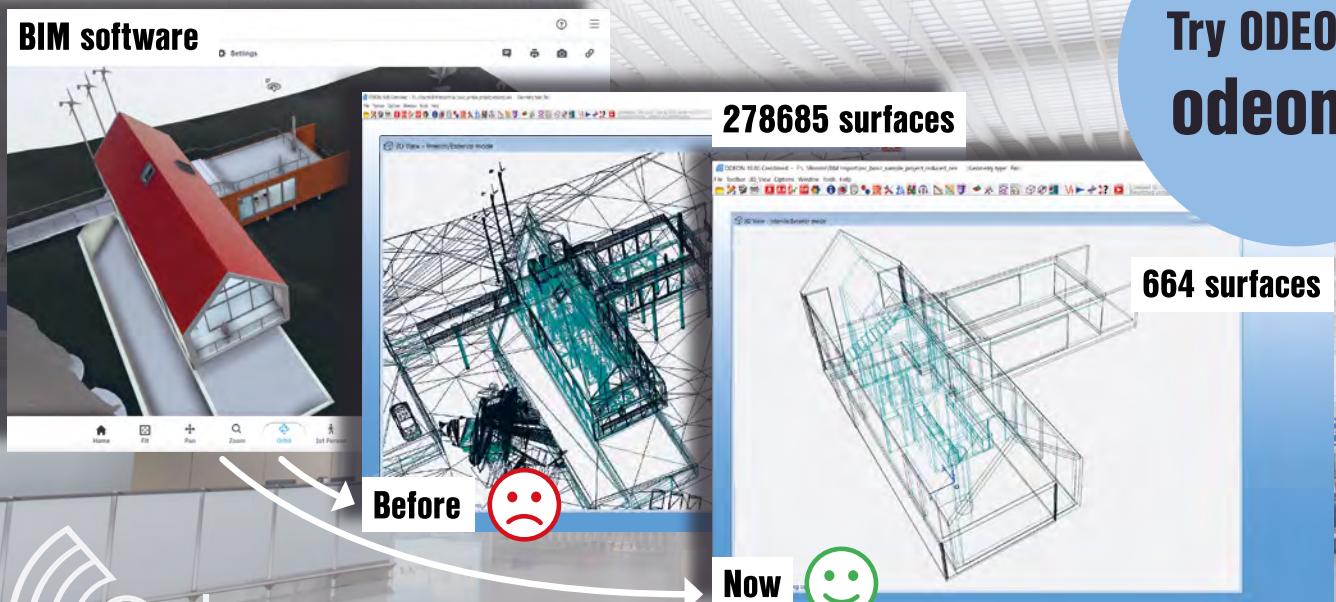


Abb. 4: Anwendungsabhängige Erzeugung von Metadaten für die objektbasierte Audiowiedergabe.

- (a) zeigt die Verwendung von statischen Metadaten für Audioobjekte zur Erzeugung virtueller Lautsprecheranordnungen.
- (b) symbolisiert eine vorproduzierte Bewegungsbahn eines automatisierten Audioobjekts, das durch eine Zeitreihe von Metadatenwerten beschrieben und ab Zeitpunkt der Auslösung »abgespielt« werden kann.
- (c) zeigt interaktive Metadaten, die z. B. durch einen Außensensor zur Hinderniserkennung direkt an das objektbasierte Audiosystem übertragen werden.

IFC and BIM import made possible!

Enjoy great new features with the latest version of ODEON,
including automated import from REVIT and ArchiCAD



Try ODEON 18
odeon.dk

Interaktive Audioobjekte:

Für Anwendungen, die Informationen über bestimmte Ereignisse in der Umgebung des Fahrzeugs liefern, können interaktive Audioobjekte zum Einsatz kommen. Dies wird in Abbildung 4(c) dargestellt. Hierbei interagiert z. B. ein externes Sensorsystem direkt mit dem Audiosystem im Fahrzeug. Die bereitgestellten Sensordaten lösen nicht nur die Audiowiedergabe aus, sondern beeinflussen gleichzeitig die Eigenschaften des Audioobjekts, indem sie interaktiv die Metadaten generieren. So kann die Position der Audiosignale realen Ereignissen in der Fahrzeugumgebung zugeordnet werden. Hierfür müssen die eingehenden Sensordaten wahrnehmungsbezogen umgerechnet und auf vordefinierte Grenzwerte (z. B. für die Verstärkung) beschränkt werden. Automatisierte Audioobjekte, die räumlich eindeutig im Fahrzeug platziert werden, können insbesondere für Infotainment-Anwendungen zum Einsatz kommen. Beispiele hierfür sind die akustische Warnung vor Hindernissen bei einem Einparkassistenten oder Warnsignale, die die Aufmerksamkeit auf die Position gefährdet Verkehrsteilnehmender lenken. So ermöglichen interaktive Audioobjekte eine intuitive 360°-Wahrnehmung der Fahrzeugumgebung, was zur Verbesserung der Fahrsicherheit beitragen kann [2].

Zusammenfassung und Ausblick

Aktuelle Entwicklungstrends in der Automobilindustrie führen dazu, dass immer mehr Funktionen über das eingebaute Audiosystem abgebildet werden müssen. Gleichzeitig steigt die Erwartungshaltung der nutzenden Personen an die dargebotene räumliche Klangqualität. Durch die angebotene Variantenvielfalt der Fahrzeuge ist eine Steigerung der Aufwände zur Audioinhalterstellung und -anpassung zu erwarten. Eine Umstellung von der kanalbasierten Audioproduktion hin zur objektbasierten Audioproduktion bietet das Potenzial, den gestiegenen Anforderungen an das Audiosystem hinsichtlich Immersion und Interaktivität gerecht zu werden und gleichzeitig die Produktionsaufwände signifikant zu reduzieren. Die ersten Fahrzeuge mit integrierter objektbasierter Audioplattform gehen ab dem Jahr 2025 in Serie.

Literatur

- [1] Möller, T.; Schneiderbauer, T.; Garms, F.; Gläfke, A.; Köster, N.; Stegmüller, S.; Kern, M.; Werner, M.; Bobka, K.: The Future of Interior in Automotive. 12. November 2021. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/the-future-of-interior-in-automotive>
- [2] Yost, W.: Fundamentals of Hearing: An Introduction. Amsterdam, Elsevier Science Publishing Co Inc, 2006. <https://doi.org/10.1121/1.1398047>
- [3] Laack, A.; Torschmied, A.; Tuzar, G.-D.: Immersive Audio HMI to Improve Situational Awareness. In: Mensch und Computer 2015 Workshopband, Stuttgart, S. 501–508, 2015. <https://doi.org/10.1515/9783110443905-071>
- [4] Kovačević, J.; Kaprocki, N.; Popović, A.: Review of Automotive Audio Technologies: Immersive Audio Case Study. In: 2019 Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC), S. 98–99, 2019. <https://doi.org/10.1109/ZINC.2019.8769396>
- [5] Bai, M.R.; Shih, G.: Upmixing and Downmixing Two-channel Stereo Audio for Consumer Electronics. In: IEEE Transactions on Consumer Electronics. Vol. 53, no. 3, S. 1011–1019, August 2007. <https://doi.org/10.1109/TCE.2007.4341580>
- [6] Gasull Ruiz, A.; Sladeczek, C.; Sporer, T.: A Description of an Object-Based Audio Workflow for Media Productions. In: 57th International Conference of the Audio Engineering Society (AES), Hollywood, CA, USA, 2015.
- [7] Brix, S.; Sladeczek, C.; Franck, A.; Zhykhar, A.; Clausen, C.; Gleim, P.: Wave Field Synthesis Based Concept Car for High-Quality Automotive Sound. In: 48th Conference of the Audio Engineering Society (AES), Munich, Germany, 2012.
- [8] Roginska, A.; Geluso, P.: Immersive Sound: The Art and Science of Binaural and Multi-Channel Audio. New York, Taylor & Francis, 2018. <https://doi.org/10.4324/9781315707525>
- [9] Sladeczek, C.; Seideneck, M.; Lorenz, W.; Pursche, K.; Schneider, B.: Object-Based Audio as Platform Technology in Vehicles. In: 2022 International Conference on Automotive Audio, Dearborn, Michigan, USA, 2022. ■

Christoph Sladeczek

*Fraunhofer-Institut
für Digitale Medien-
technologie IDMT,
Ilmenau;
transfer function
GmbH, Ilmenau*

Mario Seideneck

*Fraunhofer IDMT,
Ilmenau;
transfer function
GmbH, Ilmenau*

Wolfgang Lorenz

*Fraunhofer IDMT,
Ilmenau;
transfer function
GmbH, Ilmenau*

Anja Chilian

*Fraunhofer IDMT,
Ilmenau*

Dr. rer. nat. Dr.

**phil. Draško
Mašović**
*Fraunhofer IDMT,
Ilmenau*

Katrin Pursche

*Fraunhofer IDMT,
Ilmenau*

Prof. Dr.-Ing.

**Joachim Bös,
M.S. /SUNY**
*Fraunhofer IDMT,
Ilmenau;
Technische Uni-
versität Ilmenau,
FG Industrielle
Anwendungen von
Medientechnologien
IAM*

Laserlicht für optische Cochlea-Implantate

Optogenetik verspricht verbesserte Frequenzauflösung für CI-Träger

Christian Goßler, Daniel Keppeler, Tobias Moser

Das Cochlea-Implantat (CI) gilt als die erfolgreichste Neuroprothese und ermöglicht Sprachverständigen bei der Mehrheit der sonst gehörlosen Patienten. Beim Hören durch elektrische Stimulation des Hörnervs stellt die breite Stromausbreitung von jeder Elektrode eine Limitation dar, welche die präzise Übertragung von Schallfrequenzinformationen beeinträchtigt. Daher besteht nach wie vor ein großer medizinischer Bedarf zur Verbesserung der Hörqualität mit CIs. Die Optogenetik gilt als vielversprechender Ansatz für die Wiederherstellung des Hörvermögens mit verbesserten Hörqualitäten. Das optogenetische CI verspricht dabei, mehr Schallfrequenzinformationen zu übertragen und damit das Hören zu verbessern, da Licht räumlich begrenzt werden kann, um den Hörnerv innerhalb kleinerer Bereiche anzuregen, als das mit einem elektrischen CI derzeit möglich ist. Dieser Artikel liefert einen Überblick über neue technologische Entwicklungen für die optogenetische Wiederherstellung des Hörens.

Elektrische Stimulation

Mehr als 5 % der Weltbevölkerung – 432 Millionen Erwachsene und 34 Millionen Kinder – leiden an einer Hörbehinderung. Unbehandelt beeinträchtigt der Hörverlust die Fähigkeit mit anderen zu kommunizieren und verursacht weltweit jährliche Kosten in Höhe von 980 Milliarden US-Dollar. Schwerhörigkeit verringert dabei die Chancen auf dem Arbeitsmarkt und führt darüber hinaus zu sozialer Isolation und erhöht das Risiko von Depressionen und Abbau kognitiver Fähigkeiten [1].

Die meisten Hörstörungen entstehen durch Erkrankungen der Cochlea, des schneckenförmigen Sinnesorgans des Gehörs, und des Hörnervs (Schallempfindungs- bzw. sensorineurale Schwerhörigkeit). Im Innenohr wandeln spezialisierte Haarsinneszellen mechanische Schwingungen in elektrische Signale um. Der Hörnerv kodiert die Schallinformation als zeitliche Abfolge von Aktionspotentialen und leitet diese Informationen an das Gehirn weiter.

Die Schallempfindungsschwerhörigkeit ist häufig die Folge einer Schädigung der Cochlea im Laufe des Lebens aufgrund von Lärmbelastung, Medikamenteinnahme, unzureichender Durchblutung, Trauma oder Infektionen, die in der Regel zu einer Dege-

Laser light for optical cochlear implants

The cochlear implant (CI) is considered the most successful neuroprosthesis. It enables hearing in the majority of the otherwise deaf patients. The current spread from each electrode acts as a bottleneck, limiting the precise transmission of sound frequency information during electrical stimulation of the auditory nerve. Thus, there remains an unmet medical need to improve hearing quality with CIs. Optogenetic stimulation of the cochlea is a promising new approach to hearing restoration. By transmitting more sound frequency information, it has the potential to significantly improve hearing. The ability to spatially confine light to activate the auditory nerve within smaller tonotopic areas is a key advantage. Here, we review technological developments in optogenetic hearing restoration.

neration der Haarzellen und Neuronen der Cochlea führen. Darüber wird bei ein bis zwei von tausend Neugeborenen ein Hörverlust diagnostiziert, wobei mindestens die Hälfte davon durch genetische Defekte verursacht wird.

Trotz großer Fortschritte bei innovativen therapeutischen Ansätzen wie der Gentherapie werden Hörgeräte und Cochlea-Implantate (CIs) auf absehbare Zeit für die meisten Menschen die wichtigsten Mittel der Hörrehabilitation bleiben. Hörgeräte werden hierbei vor allem bei mittelschweren Hörstörungen eingesetzt, die die Spracherkennung erheblich beeinträchtigen. Diese Geräte analysieren die akustischen Signale der Umgebung und versorgen das Ohr mit einer vorverarbeiteten und verstärkten Version davon über einen akustischen Lautsprecher oder Knochenleitung. Hochgradige Schwerhörigkeit oder Taubheit erfordert den Einsatz von CIs. Diese bestehen aus einem externen Hörprozessor, der die Schallinformationen aufnimmt und als Stimulationsmuster über eine kontaktlose, induktive Spulenkopplung an einen implantierten Teil weiterleitet. Der implantierte Teil besteht aus einem elektrischen Stimulator und einer Elektrodenanordnung, welche in die mit Salzlösung gefüllte Scala Tympani der Cochlea eingesetzt wird.

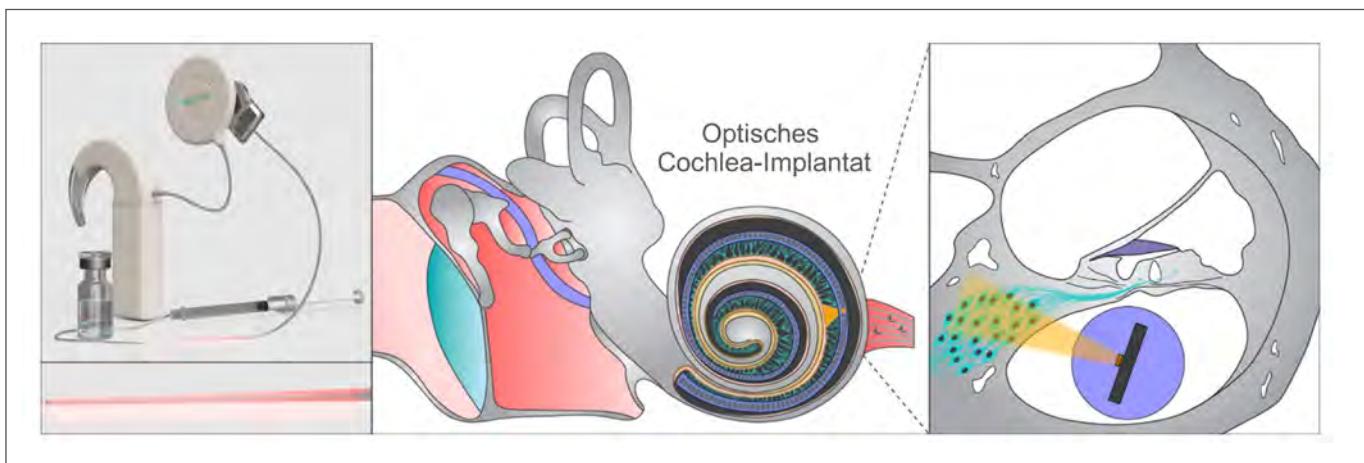


Abb. 1: Optogenetisches System zur Wiederherstellung des Gehörs (links). Im Innenohr implantiertes optisches Implantat (Mitte). Querschnitt durch die Cochlea mit räumlich präziser optischer Anregung des Hörnervs (rechts). [aus: [3]]

Dort stimulieren die CI-Elektroden direkt die Spinalganglionneuronen und umgehen so die defekten oder verlorengegangenen Haarzellen.

Optogenetische Stimulation

Eine neuartige Stimulation des Hörnervs mittels Licht (genannt Optogenetik) wird derzeit in unserem Labor in Göttingen entwickelt. Dabei werden die Hörnervenzellen mittels einer Genfahre gezielt genetisch modifiziert, sodass diese lichtempfindliche Proteine, sogenannte Opsine, in ihre Zellmembran einbauen. Diese Opsine fungieren als Schalter: Bei der Bestrahlung mit Licht einer bestimmten Wellenlänge öffnen diese Ionenkanäle in der Zellmembran und erzeugen so ein Aktionspotenzial, das die Weiterleitung eines elektrischen Signals auf der Hörbahn ermöglicht. [2] Die optogenetische Hörwiederherstellung basiert auf der Kombination einer solchen Gentherapie mit einer optischen Anregung des Hörnervs durch einen implantierten optischen Stimulator (siehe Abbildung 1). Die optische Anregung übernimmt dabei die Rolle der elektrischen Stimulation im elektrischen CI, aber mit deutlich verbesserter räumlicher Auflösung. Die Herausforderung für den optischen Stimulator besteht darin, Licht vom Titangehäuse möglichst verlustfrei in die Cochlea zu leiten, und den Nerv damit optisch zu stimulieren. Das oCI kann dabei in weiten Teilen der bewährten eCI-Technologie entsprechen. So können teilweise bestehende Konzepte für Komponenten wie den externen Sprachprozessor, die Übertragungsspulen und das hermetisch verkapselte Titangehäuse mit elektrischen Durchführungen übernommen werden. Der optische Stimulator kann potenziell zwei verschiedene Implementierungen umfassen: a) aktive Optroden mit optoelektronischen Emittoren, z. B. Leuchtdioden (LEDs) oder oberflächenemittierende Laser mit vertikalem Hohlraum (VCSELs), die

direkt in die in die Cochlea eingeführte Sonde verbaut sind; und b) passive Optroden, d.h. Wellenleiter, die das Licht von entfernten Lichtemittern, z. B. Laserdioden, in die Sonde in der Cochlea leiten [4].

Optische Sonden

Aktive Optroden mit LEDs wurden im blauen Wellenlängenbereich entwickelt und verwenden mikroskopisch kleine LEDs mit einem typischen Abstand von etwa einem Zehntel Millimeter. Diese Mikro-LEDs können in einem waferbasierten Prozess auf die flexiblen Sonden übertragen werden, was eine hochparallele Herstellung der Sonden ermöglicht. Dabei können Konzepte von Hochleistungs-LEDs angewendet werden, wie beispielsweise der Schichttransfer der LEDs zwischen verschiedenen Substraten.

Während die 12–24 Elektroden des eCI durch einzelne Leitungen adressiert werden, sind angesichts der hohen Zahl von oCI-Emittern Matrix-ähnliche Adressierungsschemata am besten geeignet, um die Anzahl der Adressierungslinien zu begrenzen. Diese Leitungen werden idealerweise in zwei isolierten Ebenen platziert, welche die verschieden gepolten Kontakte der LED erreichen. Der Vorteil der aktiven LED-Sonden ist die hohe Emitterdichte, die eine hohe Anzahl von Stimulationskanälen ermöglicht. Hinsichtlich der Verkapselung der Elektronik stellt die direkte Platzierung des Emitters in der im Innenohr implantierten Sonde eine Herausforderung dar. Eine wasserdichte, hermetische Verkapselung ist bei der miniaturisierten Cochlea-Sonde so in der Regel nicht möglich.

Passive Optroden hingegen kombinieren Lichtquellen, welche außerhalb der Cochlea platziert werden, mit wellenleiterbasierten Sonden für den Lichttransport in die Cochlea. Auf diese Weise kann die Lichtquelle, z. B. eine Laserdiode, in ein hermetisch versiegeltes Titan-Gehäuse integriert werden, welches auch die Elektronik zur Steuerung des Implantats

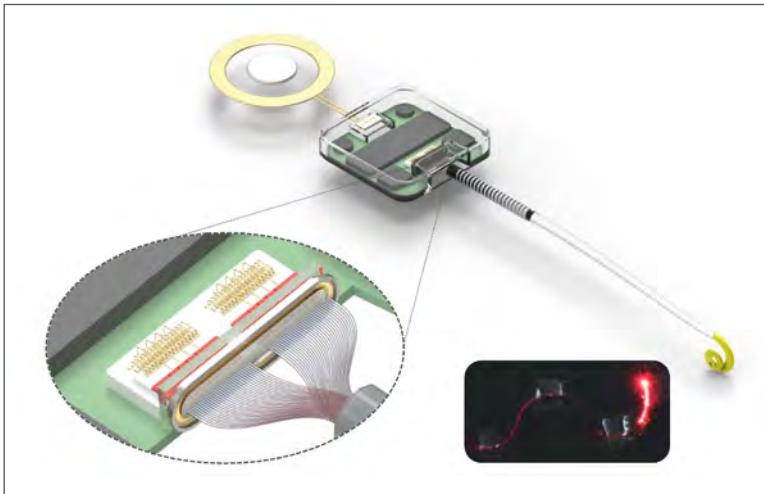


Abb. 2: Optisches Cochlea-Implantat. Implantierter Teil mit Gehäuse und Wellenleitersonde. (rechts unten) Gebogene Sonde mit einem Biegeradius von 2 mm, welcher die maximale Beanspruchung des Bauteils bei Implantation im Menschen repräsentiert. Die Biegeverluste entlang der Windung werden dabei durch den großen Brechungsindexkontrast zwischen Wellenleiterkern und -mantel begrenzt.

beherbergt (siehe Abbildung 2). Die hermetische Versiegelung schützt die Elektronik vor den umgebenden Körpermedien und umgekehrt. Transparente Fenster aus Saphir können als optische Durchführung verwendet werden, um das Laserlicht aus dem Titangehäuse in den Wellenleiter einzukoppeln. Die mechanische Festigkeit der hermetischen Versiegelung des Gehäuses erfordert dabei eine Saphirdicke von zumindest einigen hundert Mikrometern.

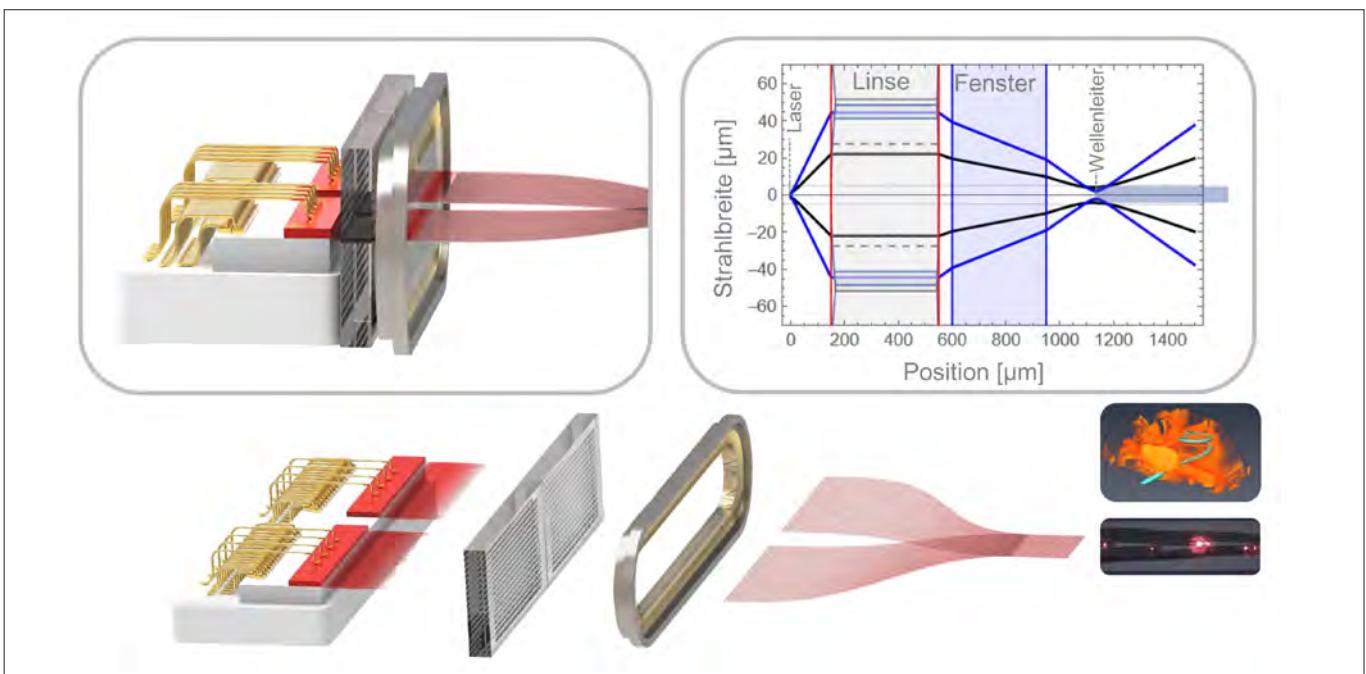
Wellenleitermodule

Für die Anwendung in optischen Cochlea-Implantaten entwickeln wir optische Module auf der Grundlage einer Mehrkanal-Wellenleitertechnologie, die Licht mit hoher räumlicher Auflösung zu den Spinalganglionneuronen im Innenohr übertragen kann. Laserdioden-Arrays, die im roten Wellenlängenbereich emittieren können, werden als Lichtquelle verwendet, um neuartige, rotverschobene Opsine anzusteuern, die für die optische Anregung der Neuronen erforderlich sind. Die Laserdioden werden in Kombination mit mikroskopisch kleinen Linsensystemen verwendet, um Licht in die Facetten von Wellenleiterarrays auf Polymerbasis einzukoppeln und so mehrkanalige optische Cochlea-Implantate zu ermöglichen ([5], siehe Abbildung 3).

Die Wellenleiterarrays sind so konzipiert, dass sie einen kleinen Biegeradius ermöglichen, der für die Implantation im Innenohr geeignet ist. Die Wellenleiterarrays werden dabei auf Waferebene mit Verfahren der Mikrosystemtechnik in entsprechenden Reinräumen hergestellt. Flexible Wellenleiter erhalten wir durch das Entfernen eines temporären Trägersubstrates und die nachfolgende Integration des Wellenleiters in optische Laser-Module.

Im Wellenleiter kommt es zu verschiedenen Verlust-

Abb. 3: Aufbau des optischen Moduls im oCI mit Laserdioden, Linsen und Wellenleitern, sowie einem transparenten Fenster. Links oben: komplett montierte Beleuchtungseinheit; rechts oben: Strahlengang der Einkopplung des Laserlichts in eine der Fasern; unten links: Bauelemente der Beleuchtungseinheit, von links: Laserdioden, Linsenarray, transparentes Fenster, optische Lichtwellenleiter; unten rechts: Photo des in einer Wüstenrennmaus implantierten oCIs in der Röntgentomographie, sowie Lichtbildaufnahme des optischen Emitters mit 10-kanaligem Wellenleiter bei Ansteuerung eines optischen Kanals.



prozessen. Neben der Absorption des Wellenleitermaterials kommt es zu Biegeverlusten und Streuverlusten. Streuung geschieht dabei an Defekten im Wellenleiter sowie an Oberflächenrauigkeiten zwischen Kern- und Mantelschicht des Wellenleiters. Die Methode der optischen Streulichtanalyse ermöglicht hierbei die Analyse von Streu- und Absorptionsverlusten entlang der Ausbreitungsrichtung des Wellenleiters sowie eine Untersuchung der Ein- und Auskopplungseffizienzen. Dabei wird das seitlich aus dem Wellenleiter austretende Licht mit einer Kamera erfasst und ausgewertet. Diese Informationen werden zur schrittweisen Verbesserung des Wellenleiterdesigns und zur Minimierung des Übersprechens zwischen den einzelnen optischen Kanälen verwendet.

Laserdioden sind gut geeignete Lichtquellen für ein optisches CI, denn sie liefern ausreichend hohe Leistungen im Bereich von bis zu einigen zehn Milliwatt. Die Laserdioden können dabei als Mehrkanal-Emitter-Arrays auf einem einzigen Halbleiterchip angeordnet werden, wobei die Emitterabstände im Bereich von einem Zehntel Millimeter und weniger liegen können.

Eine Herausforderung bei der Verwendung von Laserdioden besteht im asymmetrischen Strahlprofil und den großen Öffnungswinkeln, welche beim Entwurf der Koppelgläser berücksichtigt werden müssen. Hier kommen mikrogefertigte Linsenarrays zum Einsatz, welche den gleichen lateralen Abstand zwischen den Linsen aufweisen wie die Laserdioden und Wellenleiter in den Arrays. Das Linsenarray muss hierbei die emittierenden Laserdiodenfacetten auf die Einkoppelfacetten des Wellenleitersystems abbilden, und zwar durch die ausreichend dicke optische Durchführung (die oben erwähnten Saphirfenster, Abbildung 3 rechts oben). Diese Anforderung setzt eine untere Grenze für den lateralen Abstand der optischen Emitter- und Linsenarrays, da hier auch wellenoptische Effekte bereits eine Rolle spielen und insbesondere einen Einfluss auf den zu erreichenden Fokusdurchmesser haben.

Die optische Durchführung erfordert eine präzise und stabile Positionierung der optoelektronischen Komponenten inner- und außerhalb des Gehäuses. Dies wird durch die Verwendung von hochpräzisen optischen Justageanlagen erreicht, welche gleichzeitig Linse und Wellenleiter in Position bringen können, bevor diese mittels UV-härtenden Klebern fixiert werden.

Die verwendeten Wellenleiter müssen hochflexibel sein, um die Einführung in die spiralförmige Scala Tympani zu ermöglichen, wobei der erforderliche Biegeradius bei der menschlichen Cochlea nur etwa 2,5 mm betragen darf. Der optische Verlust in Wellenleitern nimmt mit abnehmendem Biegeradius ex-

ponentiell zu. Daher muss der Unterschied im Brechungsindex zwischen Wellenleiterkern und -mantel ausreichend groß sein, um signifikante Biegeverluste zu vermeiden. Allerdings erhöht ein großer Unterschied im Brechungsindex wiederum die Streuverluste, so dass ein Kompromiss bei der Materialwahl für Wellenleiterkern und -mantel gefunden werden muss, um sowohl Biege- als auch Streuverluste zu minimieren.

Ausblick

Erste Prototypen mit acht Kanälen wurden gefertigt und in die Cochlea von Wüstenrennmäusen implantiert (siehe Abbildung 3, rechts unten). Hierbei werden 10-kanalige Wellenleiter auf flexiblen Substraten verwendet, deren Formfaktor für die präklinischen Experimente optimiert ist. Für die Translation in den Menschen liegt der Fokus auf der biomedizinischen Sicherheit und der Erhöhung der Kanalanzahl. Bis zum Ende der Dekade soll dann das optische Cochlea-Implantat die nötige Reife für die Anwendung im Menschen erreichen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Verwendung einer Kombination von Laserdioden und Wellenleitern ein vielversprechendes Konzept für eine implantierbare optische Sonde mit langer Haltbarkeit bei gleichzeitig hoher Sicherheit bietet. Gerade im Hinblick auf das optische Cochlea-Implantat kann ein solches System die Anforderungen an eine hohe Kanalzahl bei gleichzeitig begrenztem Sondenvolumen im Innenohr erfüllen.

Danksagung

Diese Arbeiten werden gefördert durch den Europäischen Innovationsrat (EIC) im Projekt „OptoWavePro“ (101158920) und durch die Else-Kröner-Fresenius Stiftung über das Else-Kröner-Fresenius-Zentrum für optogenetische Therapien.

Literatur

- [1] WHO: Deafness and hearing loss, World report on hearing, 2021.
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
- [2] Huet, A.; Mager, T.; Gossler, C.; Moser, T.: Toward Optogenetic Hearing Restoration. *The Annual Review of Neuroscience* 47, pp. 103–121, 2024.
<https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-070623-103247>
- [3] Moser, T.; Keppeler, D.; Goßler, C.; Schwarz, U. T.: Hearing the Light. *Optics & Photonics News*, 32, pp. 46–53, 2021.
<https://doi.org/10.1364/OPN.32.10.000046>
- [4] Helke et al.: On the fabrication and characterization of polymer-based waveguide probes for use in future optical cochlear implants. *Materials* 16, pp. 106, 2022.
<https://doi.org/10.3390/ma16010106>
- [5] Kunze, K.; Gossler, C.; Peters, V.; Keppeler, D.; Moser, T.; Schwarz, U. T.: Microlens arrays for multichannel laser-to-waveguide coupling. *Applied Optics*, 63, p. 5 876, 2024.
<https://doi.org/10.1364/AO.522367> ■



Dr.-Ing. Christian Goßler
Universitätsmedizin
Göttingen, Institut
für Auditorische
Neurowissenschaften,
AG Optische Module



Dr. Daniel Keppeler
OptoGenTech
GmbH, Göttingen



Prof. Dr. Tobias Moser
Universitätsmedizin
Göttingen, Institut
für Auditorische
Neurowissenschaften

Gestaltung von Warntönen für die Motorradfahrenden

M. Ercan Altinsoy, Serkan Atamer, Robert Rosenkranz, Colin Ballantyne, Alina Kuttler

Motorräder spielen als Verkehrsmittel besonders im Sommer eine wichtige Rolle. Einerseits sind sie ein Verkehrsmittel für die Freizeit, andererseits sind sie im alltäglichen Einsatz insbesondere in Großstädten flexibler als ein PKW. Die oft damit verbundene dynamische Fahrweise bedeutet für zwei Seiten ein erhöhtes Gefahrenpotenzial: für die Motoradfahrenden wie für alle anderen Verkehrsteilnehmer, die sich mit ihnen den Verkehrsraum teilen. Anders als bei PKW, bei denen zunehmend Assistenzsysteme zur Unfallvermeidung zum Standard gehören, werden solche Techniken bei Motorrädern bisher vermisst. Im vorliegenden Beitrag werden grundlegende Überlegungen zu einem Assistenzsystem bei einem Motorrad beschrieben, das eine Unfallgefahr mindern kann.

Geräusch und Sicherheit von Motorradfahrenden

Motorradfahrende haben ein erhöhtes Unfallrisiko und sind im Vergleich zu PKW-Fahrenden besonders gefährdet [1]. Die Unfallursachen sind vielfältig, u. a. schnelles Fahren, mangelnder Sicherheitsabstand, riskante Überholmanöver, Kollidieren der Motorradfahrenden mit anderen Verkehrsteilnehmern, z. B. mit größeren Fahrzeugen, welche die Spur wechseln (toter Winkelbereich von Autos und LKWs), Türunfälle, Spurteilung usw.

In den Autos stehen fortschrittliche Fahrerassistenzsysteme zur Verfügung, die den Fahrer warnen oder verschiedene Informationen liefern. Akustische Warnungen werden verwendet, um den Fahrer auf offene Türen, nicht angelegte Sicherheitsgurte, Fahrzeuge in unmittelbarer Nähe beim Parken, versehentliches Verlassen der Fahrspur wie bei Spurassenzsystemen und sogar auf mögliche Kollisionen (z. B. für eine Notbremsung) aufmerksam zu machen.

Aufgrund einer Reihe von Herausforderungen konnten Motorradfahrer bisher nicht von solchen akustischen Warnsignalen profitieren. Daher wurde versucht, einige dieser Herausforderungen zu analysieren, die Grenzen möglicher akustischer Rückmeldungen zu quantifizieren und die Machbarkeit einer optimalen akustischen Warnung für Motorradfahrer in einer Wahrnehmungsstudie zu demonstrieren.

Warnsignale für Motorradfahrende

Die grundlegendste Anforderung an jeden Warnton

Design of Warning Sounds for Motorcyclists

Motorcycles play an important role for transportation, especially in summer. On one hand, they are a means of transportation for leisure time, on the other hand they are more flexible than a car in everyday life, especially in large cities. The dynamic driving style often associated with this let increase the risk potential for two sides: for motorcyclists self and for all other road users who share the traffic space with them. In contrast to cars, where assistance systems for accident avoidance are increasingly becoming standard, such technologies are still lacking on motorcycles. This article describes basic considerations for an assistance system on motorcycles that can reduce the risk of accidents.

(akustisches Warnsignal) ist, dass er in den geplanten Nutzungskontexten wahrnehmbar ist. Daher bestand der erste Schritt darin, die Eigenschaften der akustischen Wahrnehmungsschwellen und die akustische Kommunikation in Motorradfahrsituationen zu untersuchen [2].

Im Gegensatz zu Autos, die dem Fahrer in der Kabine eine hohe Dämpfung von Außengeräuschen wie Windgeräuschen bieten, sind Motorradfahrer einem viel höheren Umgebungsgeräusch ausgesetzt, da der Helm nur eine vergleichsweise geringere Dämpfung bietet. Um den Umgebungsgeräuschpegel am Ohr des Motorradfahrers zu bestimmen und zu analysieren, wurden reale Fahrmessungen und Windkanalmessungen mit einem omnidiagonalen Miniaturmikrofon (DPA SC4060) durchgeführt, das im Helm an der Position der Ohren befestigt war. Gleichzeitig wurden Geschwindigkeitsinformationen über den CAN (Controller Area Network) erfasst. Im Windkanal saßen die Probanden bei unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten, Körperhaltungen, Helmen und Kopfausrichtungen vor dem Luftstrom. Um die Wahrnehmbarkeit der Warntöne zu gewährleisten, wurde ein Worst-Case der Umgebungslärmbelastung angenommen, d. h. Hochgeschwindigkeitsfahrszenarien mit der in den meisten Ländern allgegenwärtigen Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h. Abb. 1 zeigt die Spektrogramme verschiedener Messungen (Schwarz: reale Fahrmessungen, gelb: Windkanalmessungen). In den Fahrszenarien lag die Höchstgeschwindigkeit bei etwa 120 bis 130 km/h und daher

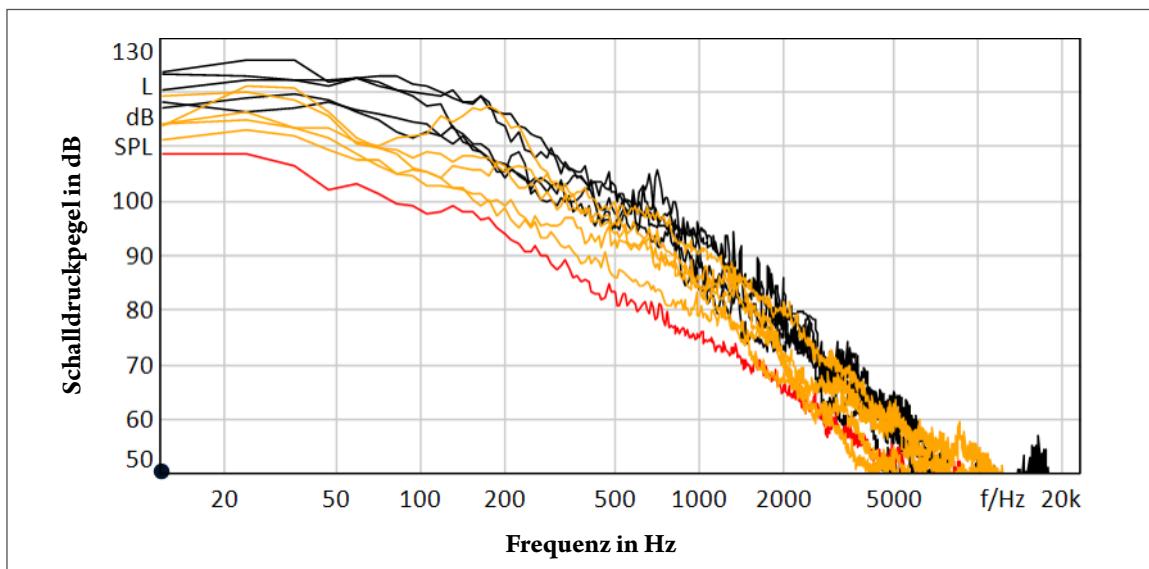


Abb. 1: FFT-Spektren der Hintergrundgeräusche für reale (schwarz) und Windkanalmessungen (gelb) bei 120 km/h und 90 km/h (rot); Fenster = Hanning, Fensterlänge = 4 096, Frequenzauflösung Δf : 10,7 Hz

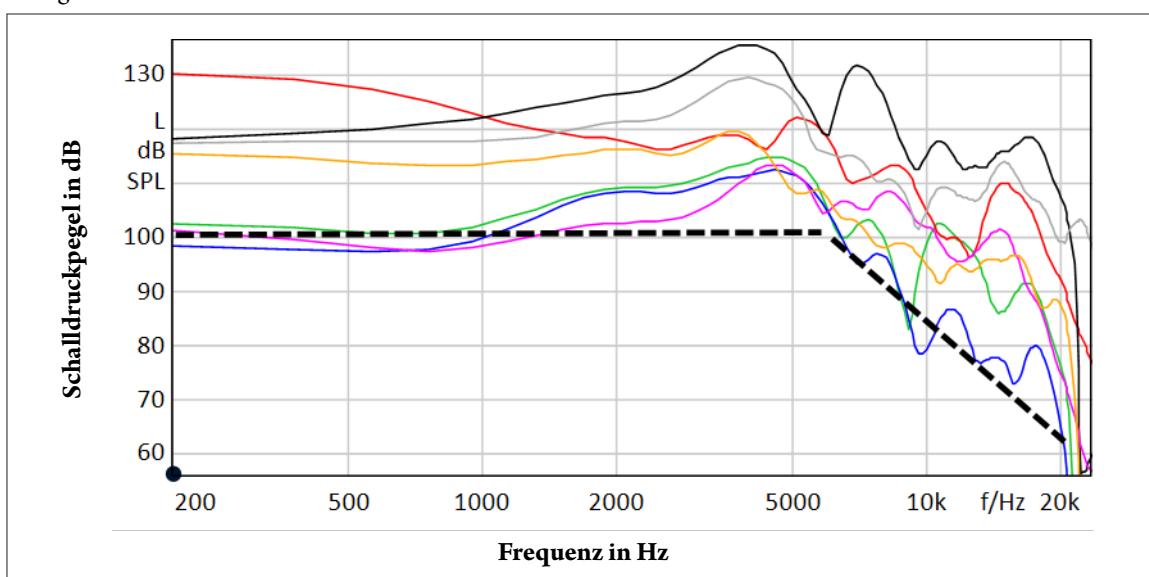
wurden Windkanalmessungen mit einer äquivalenten Luftströmungsgeschwindigkeit von 120 km/h durchgeführt. Zum Vergleich ist auch eine 90 km/h-Messung in Rot dargestellt. Die erhaltenen Daten geben Aufschluss über den frequenzabhängigen Mindestpegel, der erforderlich ist, damit die Warntöne nicht durch Umgebungsgeräusche überdeckt werden.

Die zuvor festgestellten hohen Umgebungsgeräuschepegel legen nahe, dass jedes Audiowiedergabesystem, das zur Erzeugung des Warntons verwendet wird, einen ausreichend hohen Schalldruckpegel erzeugen muss. Im Gegensatz zu Autos, die Platz für größere Lautsprechertreiber bieten, beschränken bei Motorradfahrenden Helmabmessungen und Schutz-

anforderungen auf schlanke Kopfhörer, die potenziell geringere Ausgangspegel erzeugen. Darüber hinaus sind Motorrad-Bluetooth-Helmkommunikationssysteme ein optionales Zubehör für den Helm und der effektive Schallausgangspegel kann daher bei demselben vom Motorrad bereitgestellten Eingangssignal erheblich variieren.

Daher wurde ein repräsentativer Satz von sieben Headsets verschiedener Marken mit allen typisch vorkommenden Treibergrößen verwendet. Für jedes Headset wurde die frequenzabhängige maximale Lautstärke, d.h. der am Ohr abgegebene Schalldruckpegel gemessen (siehe Abb. 2). Auch hier geben die erhaltenen Daten Aufschluss über den

Abb. 2: Maximaler Schalldruckpegel, der frequenzabhängig von verschiedenen Helm-Headsets erzeugt werden kann. Gestrichelte schwarze Linie: Frequenzabhängiger Maximalpegel, der mindestens von den untersuchten Helm-Headsets erzeugt werden kann



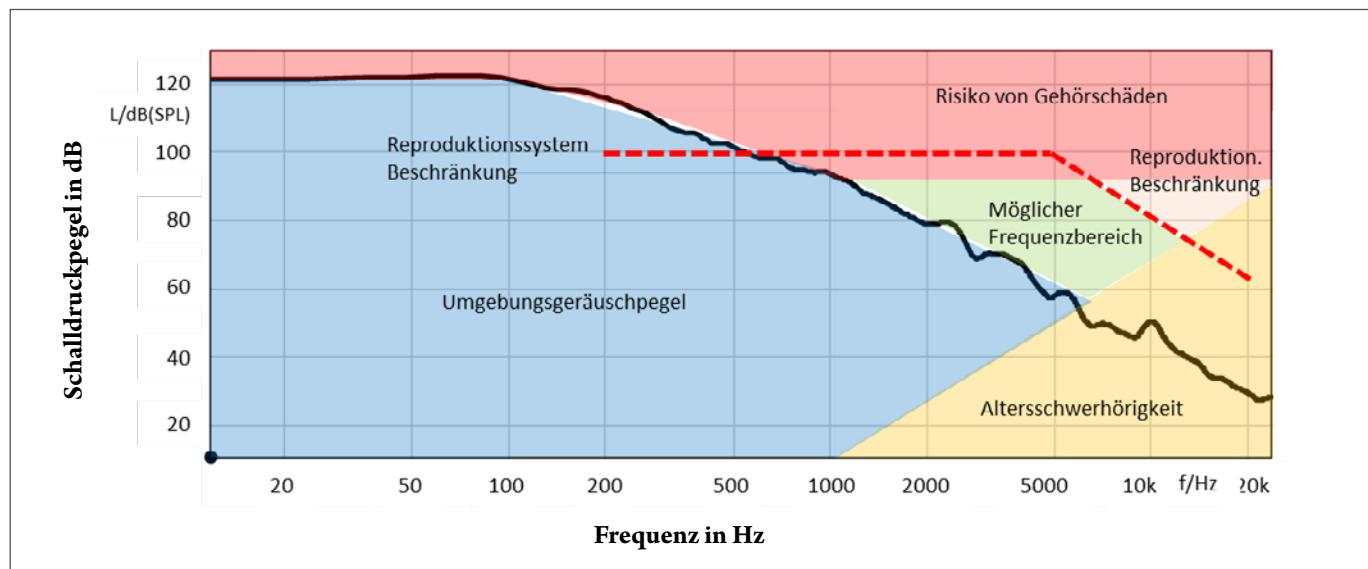


Abb. 3: Gestaltungsraum für Warntöne bei Motorradanwendungen

frequenzabhängigen Maximalpegel, den diese Reproduktionssysteme voraussichtlich zumindest bei sinusförmiger Anregung erzeugen können (siehe gestrichelte Linie in Abb. 2).

Schließlich mussten psychoakustische Faktoren bei der Gestaltung berücksichtigt werden [3]. Die Hörschwelle definiert einen offensichtlich minimalen Warnschallpegel. Auch wenn der Umgebungsgeräuschpegel bei gesunden Probanden in der Regel die Hörschwelle überschreiten sollte, haben ältere Probanden bei höheren Frequenzen meist eine erhöhte Hörschwelle [3]. Geht man wiederum von einem Worst-Case-Szenario aus, müssen die Warntöne die Hörschwelle eines 70-jährigen Mannes überschreiten (siehe Abb. 3). Ein weiterer Faktor, der berücksichtigt werden muss, ist das Risiko einer Gehörschädigung bei hohen Schalldruckpegeln über 90 dB (siehe Abb. 3), die einen oberen Grenzwert festlegen. Mag dieser Grenzwert noch von einer Mittelungszeit abhängen, praktisch würde ein zu hoher Schalldruckpegel nicht akzeptiert werden.

Durch die Zusammenfassung aller unterschiedlichen Anforderungen lässt sich ein Gestaltungsraum für Warntöne in Motorradanwendungen ableiten (siehe Abb. 3). Es ist offensichtlich, dass nur ein begrenzter Frequenzbereich von etwa 1 000 Hz bis 8 000 Hz und ein Pegel von etwa 50 dB bis 90 dB für die Übermittlung akustischer Warnungen an den Motorradfahrer genutzt werden können.

Nach der Definition des Designraums müssen Warntöne spezifiziert werden, die diese Randbedingungen erfüllen. Das Ziel der Warntöne besteht darin, die beabsichtigte Rückmeldung für eine Bedrohung (z.B. ein Hindernis in der Bewegungsbahn) intuitiv zu übermitteln, anstatt langes Training zum Erlernen ihrer Bedeutung zu erfordern. Vorzugsweise sollte die

Meldung so schnell wie möglich übermittelt werden, um den Motorradfahrenden genügend Zeit zu geben, auf die Gefahr zu reagieren. Im Allgemeinen erleichtert eine geringere Anzahl kurzer Feedback-Nachrichten ein intuitives Verständnis und eine schnelle Erkennung / Reaktion, während eine höhere Anzahl komplexer strukturierter Nachrichten ein differenzierteres Feedback ermöglicht [4]. Angesichts der Prioritäten für ein akustisches Warnsystem wurden potenzielle Bedrohungen in fünf räumliche Kategorien (vorne, Armaturenbrett, links, rechts, hinten) und zwei Kritikalitätsstufen (niedrig und hoch) gruppiert, was zu insgesamt 10 Rückmeldungen führte.

Aufgrund der Erkenntnisse aus früheren Studien zu Warntönen sind pulsierende, tonale Geräusche zu bevorzugen [4]. Die Dauer der Einzelimpulse sollte oberhalb der Zeitkonstanten für die zeitliche Integration von 200 ms liegen [3], da die Maskierungsschwelle bei Impulsen von 20 ms Dauer auf bis zu 10 dB angehoben wird. Die Gesamtdauer des Warntons bestimmt jedoch die Dauer, die der Motorradfahrer benötigt, um die Rückmeldung zu verarbeiten, und sollte daher so kurz wie möglich sein. Da die Warntöne den Fahrer vor Überraschungssereignissen warnen sollen, sollte die Warntondauer deutlich unter der für Überraschungssereignisse angegebenen Reaktionszeit von 1,5 s liegen [5]. Aufgrund der Designvorgaben wurde die Grundfrequenz auf 1 500 Hz eingestellt. Zwei zusätzliche Frequenzkomponenten wurden hinzugefügt, um eine größere Robustheit gegenüber einer Maskierung durch Umgebungsgeräusche zu gewährleisten. Da die Addition von Frequenzen mit ganzen oder halben Vielfachen der Grundfrequenz einen für Warntöne ungeeigneten harmonischen Eindruck vermittelt, wurden die Frequenzverhältnisse auf 1:1,625 und 2,25 eingestellt. Betrachtet man diese drei

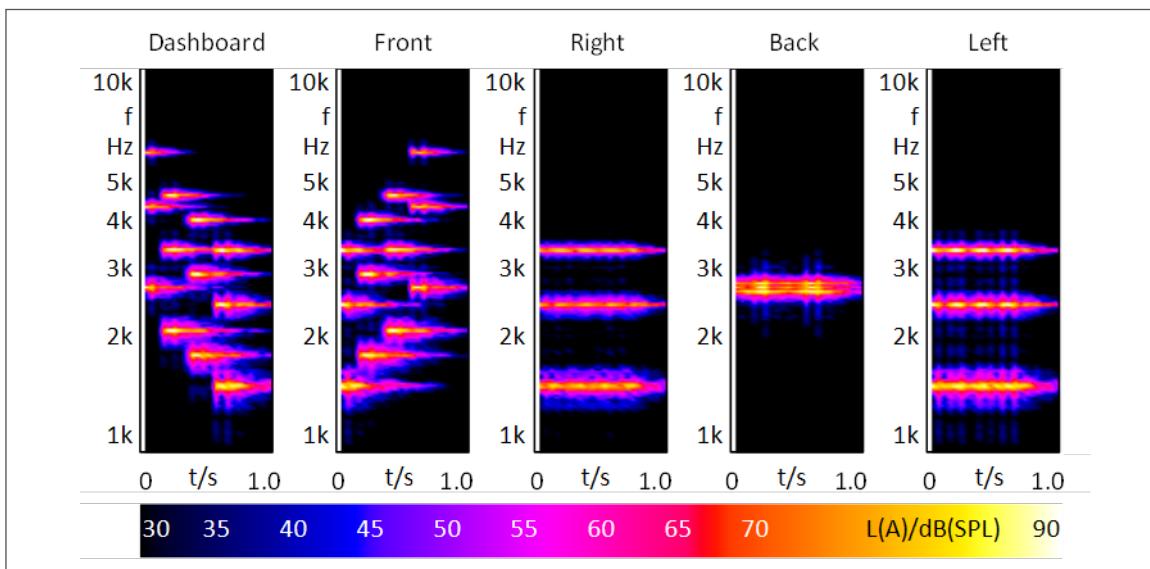


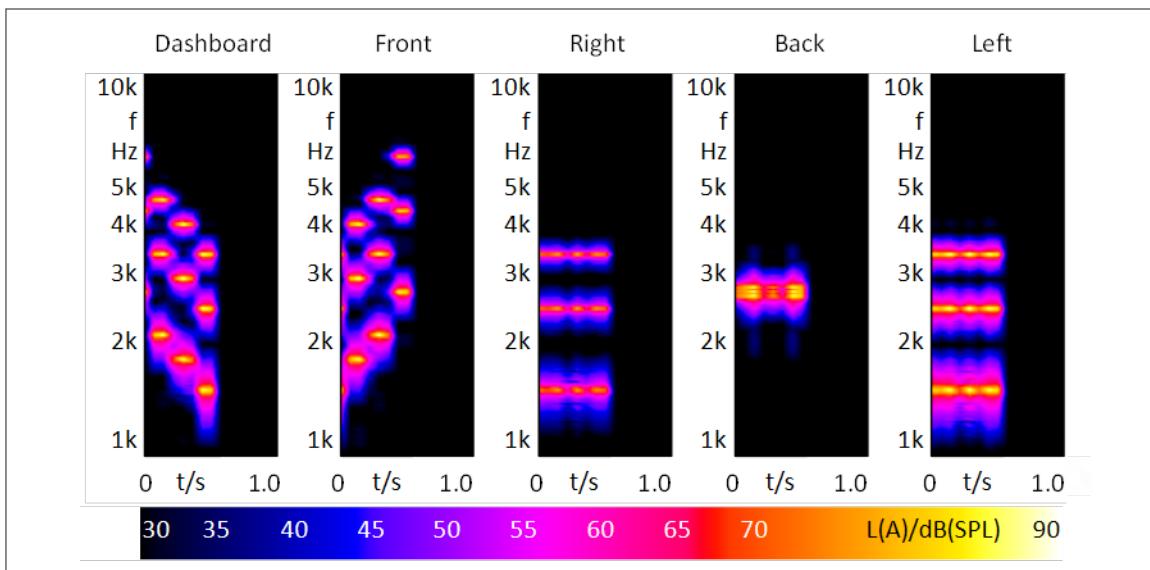
Abb. 4: Spektogramme für verschiedene Positionen; gestaltete Warntöne für niedrige Dringlichkeit – nur linker Kanal

Frequenzkomponenten aus musiktheoretischer Sicht, nähert es sich einem D#-verminderten Dreiklang an und vermittelt den Eindruck „unvollendet“, also alarmierend, zu sein. Dieser kompakte Abstand zwischen den Komponenten hat auch den Vorteil, dass er zu einer vergleichsweise schmalen Bandbreite führt, die Verschiebungen der Grundfrequenz zum Kodieren von Informationen ermöglicht und gleichzeitig den begrenzten Designraum einhält.

Aufgrund der individuellen Abweichungen von einer durchschnittlichen kopfbezogenen Übertragungsfunktion ist eine binaurale Wiedergabe von Richtungshinweisen nicht zuverlässig möglich. Stattdessen wurden für die Front- und Armaturenbrettrichtung sukzessive Grundfrequenzverschiebungen nach oben und unten definiert, da sie intuitiv mit der Bewegung nach oben und unten verbunden sind und Fahrenden

so mitteilen, dass sie nach oben oder unten schauen sollen. Für das resultierende Arpeggio (versetztes Einsetzen der Komponenten bei einem Akkord) nach oben oder unten wurden die Grundtonfrequenzen so gewählt, dass die Komponenten unharmonisch klingen. Aus musiktheoretischer Sicht stellt die Abfolge der Grundfrequenzen einen fis-Moll-Sieben- und einen B-Fünf-Akkord dar, einen halbverminderten Akkord, der Spannung vermittelt, die für Warntöne geeignet ist. Da es sich bei den Headsets immer um Stereo-Headsets handelt, können beide Kanäle genutzt werden, um durch Pegelunterschiede zwischen beiden Kanälen die linke und rechte Richtung zu kommunizieren. Um die Rückrichtung von der Vorderrichtung zu unterscheiden, wäre eine qualitativ hochwertige Audiomeldung notwendig, die die Unterschiede in den Richtungsfrequenzbändern der

Abb. 5: Spektogramme für verschiedene Positionen; gestaltete Warntöne für hohe Dringlichkeit – nur linker Kanal



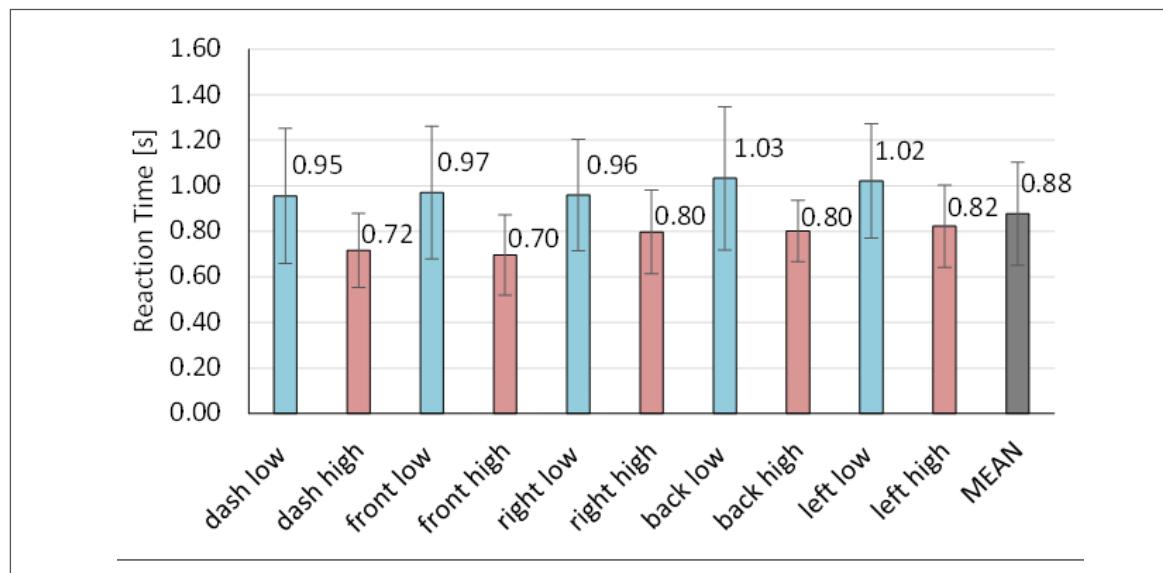
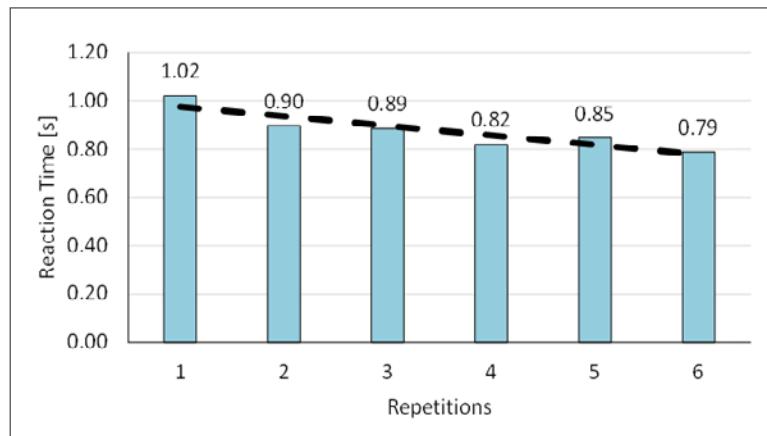


Abb. 6: Reaktionszeiten – gemittelt über 6 Wiederholungen

Ohrübertragungsfunktionen auflöst. Dieses Problem ist aus der Kunstkopftechnik bekannt. Aber vielleicht kann wie dort ein Headtracker-unterstütztes System weiterhelfen. Daher wurde beschlossen, stattdessen auf einen Klang zurückzugreifen, der zwischen dem linken und dem rechten Kanal wechselt. Die Kritikalitätsinformation wurde in der Pulsfrequenz kodiert. Ist die Gefahr dringender, ist die Pulsfrequenz höher, ist die Gefahr weniger dringend, weist das Signal eine niedrigere Pulsfrequenz auf. Um den Eindruck einer größeren Entfernung der Bedrohung zu vermitteln, wurde ein zusätzlicher Hall hinzugefügt. Abbildung 4 und Abbildung 5 (siehe auf der vorherigen Seite) zeigen die Warntöne für die zehn Rückmeldungen. Die Geräusche liegen alle in einem Frequenzbereich von 1 500 Hz bis 6 500 Hz.

Nach dem Entwurf der Gruppe von zehn Warnsignalen wurde deren Effizienz in zwei Hörexperimenten untersucht. Das erste Experiment war ein Likert-Skalierungsexperiment, das die Wahrnehmbarkeit, Dringlichkeit und Lästigkeit der Signale untersuchte.

Abb. 7: Änderung in der Reaktionszeit – gemittelt über 6 Wiederholungen



Dies bot auch eine Vorbereitung für das zweite Experiment, erklärte jedoch nicht die beabsichtigte Bedeutung der einzelnen Warntöne.

Im zweiten Experiment wurden die Reaktionszeiten der Teilnehmenden gleichzeitig mit der Fehlerquote der Erkennungen der Warntöne gemessen, die den auf realen Motorrädern aufgezeichneten Umgebungsgeräuschen überlagert wurden, um die Entscheidung unter Zeitdruck im realen Anwendungsszenario wiederzuspiegeln. 28 Teilnehmer (9 Motorradfahrer, 19 Nicht-Motorradfahrer) mit einem Durchschnittsalter von 31 Jahren wurden angewiesen, auf die zufällig dargestellten Szenarien zu reagieren, sobald sie „die durch den Warnton vermittelten Informationen hören und verstehen“. Ihre Reaktion unterbrach sofort die Wiedergabe des Tons, sparte Reaktionszeit und sie waren gezwungen, einen der zehn Feedback-Sounds auszuwählen. Die Reaktionszeiten (siehe Abb. 6) der Hochbedrohungsszenarien liegen bei etwa 0,7 Sekunden bei vollaufmerksamen Fahrern [6]. Darüber hinaus waren die Reaktionszeiten bei jedem weiteren Versuch tendenziell kürzer, wie aus Abbildung 7 hervorgeht.

Die Konfusionsmatrix mit den Raten korrekter Erkennungen für die fünf Richtungshinweise ist in Abbildung 8 dargestellt. Für rechte und linke Warntöne war sie erwartungsgemäß hoch, da die Hinweise offensichtlich waren. Für vorne, hinten und das Armaturenbrett konnten die Teilnehmer jedoch immer noch die richtige Richtung mit einer Genauigkeit von bis zu 60 % bestimmen. Bei einer Rate wahrscheinlich von 20 % rein zufällig richtiger Entscheidungen handelt es sich um eine relativ hohe Genauigkeit. Allerdings waren die Ergebnisse für die Dringlichkeit nicht so aussagekräftig. Unabhängig davon, ob es sich um Geräusche mit geringer oder hoher Dringlichkeit han-

Stimuli	Entscheidung				
	Dashboard	Front	Right	Back	Left
Dashboard	41.7	32.6	8.0	15.9	1.9
Front	23.5	60.6	7.6	6.1	2.3
Right	4.2	2.7	87.1	1.5	4.5
Back	15.2	5.7	9.8	61.0	8.3
Left	2.7	1.1	4.9	3.4	87.9

Abb. 8: Prozentsätze für die Erkennung von Richtungen; Farbcodierung: rot → gelb → grün – wachsende Erkennungsrate

teilte, entschieden sich die Teilnehmer mit einer Quote von 60 % für eine niedrige Dringlichkeit, was scheinbar keinen Unterschied in der wahrgenommenen Dringlichkeit ohne visuellen Kontext bedeutet (siehe Abb. 9). Aufgrund der binären Wahl zwischen hoher und niedriger Dringlichkeit im zweiten Experiment kann jedoch keine Nuance in der wahrgenommenen Dringlichkeit festgestellt werden. Ein Vergleich mit den Bewertungen auf der 100-Punkte-Bewertungsskala von Experiment eins zeigt signifikante, wenn auch kleine Unterschiede in der Dringlichkeit. Angesichts des sehr eingeschränkten Gestaltungsspielraums ist es wahrscheinlich schwierig, große Unterschiede in der Dringlichkeit (z.B. durch drastische Ebenenunterschiede) intuitiv für die absolute Dringlichkeitsebene zu kommunizieren. Allerdings könnten die Probanden Unterschiede im Dringlichkeitsgrad lernen, indem sie den Warntönen in realen Situationskontexten längere Zeit ausgesetzt sind.

Zusammenfassung

Die grundlegenden Designbeschränkungen für Warntöne in Motorrädern wurden analysiert. Die Windgeräusche, die Wiedergabeeigenschaften typischer Headsets, erhöhte Hörschwellen für ältere Motorradfahrer und Schwellenwerte für das Risiko von Gehörschäden definierten insgesamt einen sehr begrenzten Gestaltungsspielraum für solche Warntöne. Innerhalb dieses Designraums wurden Warntöne für zehn Feedbackmeldungen definiert, um die Richtung der Bedrohung und das Ausmaß der Bedrohung zu kommunizieren. Eine Wahrnehmungsstudie zeigte, dass die Richtung den Probanden intuitiv vermittelt werden kann, was zu einer hohen Genauigkeit führt, auch ohne vorheriges Training oder explizite Unterweisung in die Bedeutung der Botschaft. Allerdings ist die intuitive Vermittlung einer absoluten Dringlichkeitsstufe innerhalb des eingeschränkten Design-Raums nicht ohne weiteres möglich und daher müsste die Dringlichkeitsbedeutung zunächst im situativen visuellen Kontext gelernt und anschließend auf relative Weise

Stimuli	Entscheidung	
	low	high
low	63.6	36.4
high	64.7	35.3

Abb. 9: Prozentsätze für die Erkennung von Dringlichkeit (für alle Stimuli)

unterschieden werden. Alternativ würden die Warntöne so verwendet, dass sie nur eine Dringlichkeitsstufe kommunizieren.

Literatur

- [1] Statistisches Bundesamt: Verkehrsunfälle, Kraftrad- und Fahrradunfälle im Straßenverkehr 2021
- [2] Atamer, S.; Rosenkranz, R.; Ballantyne, C.; Kuttler, A.; Altinsoy, M. E.: Design and Evaluation of Auditory Warning Sounds for Motorcyclists. Fortschritte der Akustik – DAGA 2023, 49. Jahrestagung für Akustik, Hamburg, S. 514–517, 2023.
https://pub.dega-akustik.de/DAGA_2023/data/articles/000349.pdf
- [3] Fastl, H.; Zwicker, E.: Psychoacoustics – Facts and Models. 3. ed. Springer Verlag, Berlin, 2010.
- [4] Haas, E. C.; Edworthy, J.: Designing urgency into auditory warnings using pitch, speed and loudness. Computing & Control Engineering Journal, vol. 7, no. 4, pp. 193–198, 1996.
- [5] Green, M.: How long does it take to stop? Methodological analysis of driver perception-brake times. Transportation Human Factors, vol. 2, no. 3, pp. 195–216, Sep. 2000.
https://doi.org/10.1207/STHF0203_1 ■

Prof. Dr. M. Ercan Altinsoy
Technische Universität Dresden,
Professur für Akustik und Haptik

Dr.-Ing. Serkan Atamer
Technische Universität Dresden,
Professur für Akustik und Haptik

Dr.-Ing. Robert Rosenkranz
Technische Universität Dresden,
Professur für Akustik und Haptik

Colin Ballantyne
KTM Forschungs & Entwicklungs GmbH, Mattighofen (A)

Alina Kuttler
KTM Forschungs & Entwicklungs GmbH, Mattighofen (A)

Menschen

Interview und Personalien

■ Im Gespräch mit Reinhard Lerch „Es ist schon ein ewiges Lernen“



Reinhard Lerch studierte von 1972 bis 1977 Elektrotechnik in Darmstadt und promovierte dort 1980 bei Gerhard Sessler zu Piezopolymer-Mikrofonen. Anschließend war er bis 1991 im Forschungszentrum der Siemens AG in Erlangen als wissenschaftlicher Angestellter und später Projektverantwortlicher für die Entwicklung elektromechanischer Sensoren und Aktoren zuständig, insbesondere piezoelektrischer Ultraschallarrays. 1991 wurde er zum Professor am Institut für Elektrische Messtechnik der Johannes-Kepler-Universität Linz ernannt, bevor er von 1999 bis 2019 den Lehrstuhl für Sensorik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) leitete. Schwerpunkte seiner Forschungsaktivitäten sind die Finite-Elemente-Simulation und die messtechnische Analyse gekoppelter Feldprobleme für akustische Wandler im Hör- und Ultraschallbereich.

Wenn Sie sich noch einmal für ein Studium entscheiden müssten, würden Sie dasselbe wählen?

Ja, auf jeden Fall. Ich hatte damals kurz überlegt, ob ich nach dem Abitur Physik studieren sollte. Im Nachhinein muss ich sagen, dass ich sehr froh bin, Elektrotechnik gewählt zu haben.

Wie war die Elektroakustik damals im Elektrotechnikstudium verankert?

Herr Sessler kam von Bell Labs und hielt mehrere Wahlvorlesungen im Bereich der Technischen Akustik. Das war kein eigener Studienzweig wie etwa die Regelungstechnik, sondern Teil der Nachrichtentechnik. Man war in gewisser Weise ein Exot und bewegte sich interdisziplinär.

Wie sind Sie zu Ihrem Promotions Thema gekommen?

Das war eher zufällig. Ich wollte nach dem Studium promovieren und hatte bereits ein Angebot von der Universität Bochum im Bereich Hochfrequenztechnik. Das hat Herr Sessler mitbekommen und meinte: „Sie können doch auch bei uns etwas machen.“ Das Thema kam von der Deutschen Bundespost (heute Dt. Telekom), die auf der Suche nach neuen Telefonwandlern war. Herr Sessler hatte bereits das Elektret-Mikrofon gemeinsam mit Jim West bei Bell Labs erfunden. Das Piezopolymer-Mikrofon schien eine Alternative zu sein.

Wie ging es nach der Promotion weiter?

Der Wechsel zu Siemens war eher zufällig: Einer von Herrn Sesslers ehemaligen Doktoranden arbeitete im Siemens-Forschungszentrum und ging als Professor nach Nürnberg, wodurch eine Stelle frei wurde, die ich dann übernahm. Ich musste lediglich den Frequenzbereich von der Audiotechnik zum Ultraschall verschieben. Um ehrlich zu sein, hatte ich anfangs Bedenken, ob der Wechsel gelingen würde. Doch diese Bedenken wurden in den ersten Monaten bei Siemens schnell zerstreut. In der Industrie verliert man natürlich die akademische Freiheit, aber das wird durch die Praxisnähe kompensiert. Trotzdem war nach zehn Jahren klar, dass ich zurück an die Universität wollte. Damals verlagerte sich die Ultra-

schallforschung bei Siemens zunehmend in die USA, so kam der Ruf nach Linz passend, wo ich die Chance hatte, ein neues Institut und den neuen Studiengang Mechatronik aufzubauen. Das war eine reizvolle Herausforderung.

Gab es auch Rückschläge in Ihrer Karriere?

Das ist eine sehr gute Frage. Es gab durchaus einen Rückschlag. Ich hatte mich mit 34 auf die Nachfolge von Herrn Zwicker an der TU München beworben, er war eine Größe im Bereich der Akustik. Ich wäre fast auf diesen Lehrstuhl berufen worden. Dann hieß es jedoch, ich sei noch etwas zu jung, und der andere Kandidat wäre älter und erfahrener. Das musste ich erst einmal verdauen. Solche Rückschläge gibt es immer wieder, sie gehören zum Leben. Große, gravierende Rückschläge gab es glücklicherweise nicht.

Waren ihre Wechsel circa alle zehn Jahre etwas, das Sie schon immer bewusst gemacht haben, oder ist diese „Zehn-Jahres-Regel“ erst im Rückblick entstanden?

Wenn ich ehrlich bin, in den ersten zehn Jahren in Darmstadt wollte ich eigentlich nicht wechseln. Ich war sehr verwurzelt – ich kam aus Hessen und fühlte mich dort heimisch. Der Gedanke, die TU Darmstadt zu verlassen, fiel mir wirklich schwer. Zu späteren Zeiten fielen mir die Wechsel deutlich leichter. Nach zehn Jahren an der Uni Erlangen habe ich darüber nachgedacht, nochmals zu wechseln. Es gibt jedoch ein Alter, ab dem man für Berufungen nicht mehr so attraktiv ist. Deshalb habe ich mich bereit erklärt, als mir die Dekansposition an der Technischen Fakultät der FAU angeboten wurde. Rückblickend betrachtet war der Rückschlag in München, als ich die Zwicker-Nachfolge nicht bekam, vielleicht sogar ein Glücksfall. Hätte ich den Ruf mit 35 bekommen, hätte ich möglicherweise 30

Jahre auf demselben Lehrstuhl gesessen und das wäre auf lange Sicht nicht ideal gewesen. Also, die Aussage, dass ich damals noch zu jung war, hatte schon etwas Wahres. Das sehe ich jetzt, ohne es schönreden zu wollen, im Nachhinein auch so. Mein Rat an die jüngere Generation ist, von Zeit zu Zeit einen Wechsel anzustreben. Das heißt nicht, alle zwei Jahre den Job zu wechseln, aber etwa alle zehn Jahre sollte man überlegen, ob es Zeit für eine Veränderung ist. Man sollte nicht zu lange auf einem Stuhl sitzen.

In Ihrer Arbeit ist die Akustik stark mit der Elektrotechnik verbunden. Fühlen Sie sich „zwischen den Stühlen“?

Ich würde sagen, ich habe es kombiniert – oder eher kombinieren müssen. In Linz hieß mein Institut „Elektrische Messtechnik“. Auch in Erlangen war mein Lehrstuhl auf Sensorik fokussiert. Ich konnte also nicht einfach sagen, dass es ein reiner Lehrstuhl für Technische Akustik ist. Allerdings wollte ich auch nie die gesamte Bandbreite der Akustik abdecken. Ich fühlte mich in meiner interdisziplinären Rolle wohl.

Wie oft standen Sie dadurch vor der Situation, dass Sie neues Wissen erwerben mussten, um es dann zu lehren?

Man nimmt natürlich viel Wissen aus dem Elektrotechnikstudium mit. Aber als ich in Linz Elektrische Messtechnik und andere Vorlesungen halten musste, da musste ich hier und da natürlich nochmal nachlernen oder nachschauen.

Es kommen auch neue Entwicklungen dazu. Es ist schon ein ewiges Lernen. Aber man darf nicht vergessen: Siemens ist ein elektrotechnisches Unternehmen. Es war also bereits eine tiefe Verankerung in der Elektrotechnik vorhanden, und ich habe mich nicht ausschließlich nur um die Wandler gekümmert.

In der Vorbereitung für dieses Gespräch haben Sie bereits die Rolle der DEGA im Zusammenhang von Lehrstuhlplanungen an deutschen Universitäten angesprochen. Könnten Sie das einmal näher erläutern?

Insgesamt habe ich den Eindruck, dass in jüngerer Zeit eine gewisse Degradation an Instituten und Lehrstühlen für Technische und Allgemeine Akustik stattfindet. Es gibt einige Lehrstühle, die nicht mehr mit Akustik-Nachwuchs besetzt wurden oder werden. Auch mein Lehrstuhl wurde in eine andere Richtung ausgelegt. Der Fokus verschiebt sich zu anderen Fachgebieten, die vielleicht von den Universitätsleitungen als moderner oder attraktiver wahrgenommen werden. Die DEGA sollte hier eine aktiver Rolle spielen. Es ist wichtig, dass die Akustik weiterhin als bedeutendes Forschungsfeld wahrgenommen wird.

Ist es dabei vielleicht auch ein Problem, dass Teilbereiche der Akustik in verschiedenen Disziplinen verankert sind?

Ja, richtig. Diese Breite macht es schwierig, die Akustik als eigenständiges Feld zu präsentieren und an den Universitä-

ten zu verankern. Insbesondere, wenn Lehrstühle und Institute heutzutage oft kleiner werden. Das führt dazu, dass die Akustik nicht mehr in der vollen Breite abgedeckt werden kann. Dennoch habe ich den Eindruck, dass die DEGA hier etwas zu still ist. Im VDE beispielsweise sehe ich ein größeres Engagement für das Elektrotechnikstudium. Es gibt etwa Vorträge über den Bedarf an Elektroingenieuren in der Industrie, der nicht gedeckt werden kann. Das sollten wir auch für die Akustik anstoßen, denn der Bedarf an Ingenieuren mit akustischer Vorbildung ist größer als das Angebot.

Haben es andere Ingenieursgesellschaften womöglich leichter, weil sie ihren Bereich schon auf Bachelor-Ebene abdecken, während Akustik meist eine Spezialisierung im Masterstudium ist?

Ja, das ist definitiv ein Nachteil. Es gibt keine Patentlösung für dieses Problem, und ich weiß, dass es schwierig ist. Spezifische Maßnahmen und Möglichkeiten müssten wir noch einmal in Ruhe diskutieren.

Vielen Dank für das Gespräch! ■

Simon Kersten,

Lara Stürenburg

(Fachgruppe junge DEGA)

Hier finden Sie Reinhard Lerchs Vortrag beim 13. DEGA-Symposium „Akustik verbindet“ vom 25.09.2020:

<https://www.youtube.com/watch?v=gNsmuKZe-9Q>

■ Verstorben

■ Prof. Dr. Günther Schommartz,
Rostock,
Ehrenmitglied (2019) und Schatzmeister (1992–1996) der DEGA

■ Prof. Dr. Heinrich Kuttruff, Aachen,
Ehrenmitglied (2019) der DEGA,
Träger der Helmholtz-Medaille (1996), Leitung der Tagung DAGA 1987,
ein Nachruf folgt in der kommenden Ausgabe ■

Veranstaltungen

■ Veranstaltungshinweise

12.11.2024

DEGA-Akademie

Kurs „Raumakustik kompakt“



Der Kurs „Raumakustik kompakt“ findet wieder am 12. November 2024 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:

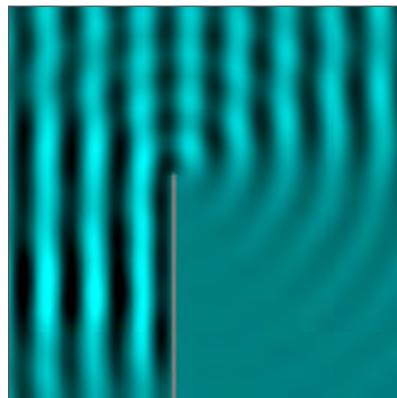
siehe <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>

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

14.11.–15.11.2024

DEGA-Akademie

Kurs „Grundlagen der Technischen Akustik“



Dieser Kurs findet wieder am 14. und 15. November 2024 in Berlin statt.

Er richtet sich an Beschäftigte von Industriefirmen, Beratungsbüros und Behörden, die im Bereich Akustik tätig sind und ihre Kenntnisse und Fähigkeiten im Bereich der Grundlagen der Technischen Akustik festigen wollen. Außerdem sind alle diejenigen angesprochen, die in ihrer Tätigkeit erstmals mit Fragestellungen der Technischen Akustik konfrontiert sind und sich deshalb entsprechendes Grundlagenwissen auf diesem Gebiet aneignen wollen.

Leitung und Referierende:

- Dr.-Ing. Judith Galuba, DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS), Berlin
- Prof. Dr.-Ing. Ennes Sarradj, TU Berlin, Institut für Strömungsmechanik und Technische Akustik

Veranstaltungsort:

DIN Deutsches Institut für Normung e. V.,
Burggrafenstraße 6,
10787 Berlin

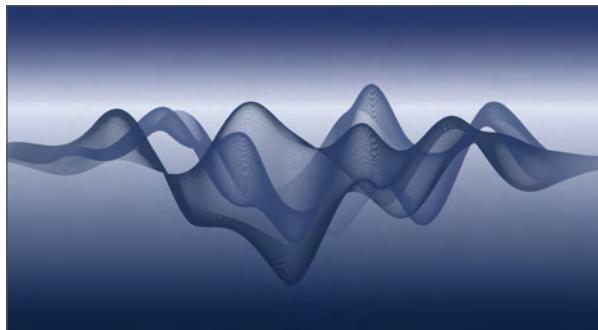
Programm, Leistungen, Gebühren und Anmeldung:

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

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

20.11.–22.11.2024
DEGA-Akademie

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



Dieser Kurs findet vom 20.–22. November 2024 wieder 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), „Datenanalyse“ (DIN-ISO/TS 12913-3) sowie „Interventionen“ (ISO/TS 12913-4) und erläutert aktuelle Forschungserkenntnisse.

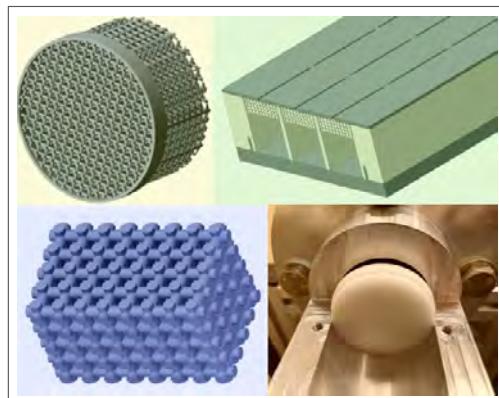
Leitung und Referierende:

- Prof. Dr. Brigitte Schulte-Fortkamp, HEAD-Genuit-Stiftung, Potsdam / 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>

06.12.2024
17. DEGA-Symposium
„Metamaterialien in der Akustik“



Das 17. DEGA-Symposium findet am 06.12.2024 in Nürnberg statt.

Das DEGA-Symposium in diesem Jahr legt seinen Schwerpunkt auf den derzeitigen Stand des Einsatzes von Metamaterialien in der Akustik. Mit ihrer komplexen Struktur aus unterschiedlichen Elastizitätsmodulen und Geometrieformen bilden sie einen neuartigen Lösungsansatz zur Schallabsorption und zur Dämpfung von vibroakustischen Schwingungen. Es werden Stoppbänder in Frequenzbereichen generiert, bei denen eine freie Wellenübertragung nicht oder nur sehr begrenzt stattfinden kann. So ergeben sich vielfältige und neuartige Konzepte im industriellen Einsatz von Schallabsorbern und für Materialstrukturen zur Schwingungsminderung. Das Symposium behandelt in den verschiedenen Vorträgen die physikalischen Grundlagen der Metamaterialien, den derzeitigen Stand der Forschung und die Methoden zur effizienten Auslegung dieser Materialien. Berücksichtigung finden die Randbedingungen einer wirtschaftlichen und fertigungstechnischen Herstellung. Am Ende stehen Beispiele zur bisherigen industriellen Umsetzung und Anwendung in einem seriennahen Einsatz. Die Vortragenden sind ausgewiesene Fachexperten aus dem Bereich der Universitäten, den Forschungsinstituten und der Industrie.

Ziel ist es, die aktuellen Herausforderungen und Möglichkeiten von Metamaterialien aufzuzeigen. Verschiedene Anwendungen aus Forschung und Praxis ergeben die Grundlage für ein breites Diskussionsforum und den Austausch über deren Entwicklungspotenzial und die Einsatzgebiete. Verantwortlich für das Programm ist der Vorstand der DEGA (Koordination: Stefan Becker und Joachim Bös), zusammen mit den Fachausschüssen Elektroakustik, Physikalische Akustik und Strömungsakustik.

Veranstaltungsort:

IHK Nürnberg für Mittelfranken,
Hauptmarkt 25/27,
90403 Nürnberg

Informationen zu Programm und Anmeldung:

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

06.12.2024**Ein Jahr Frauen@DEGA****Online-Lunch**

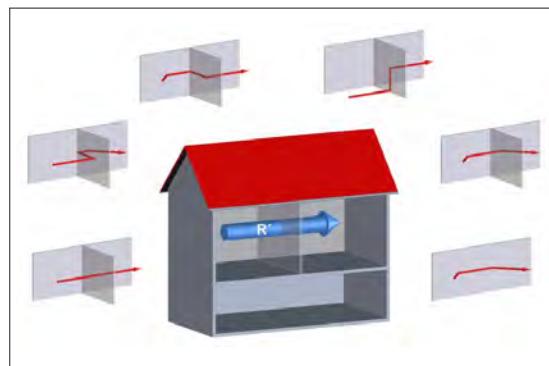
Nachdem auf der DAGA 2023 die Idee zu einem Frauennetzwerk in der Akustik entstanden war, starteten die Frauen@DEGA im Dezember 2023 mit ihrem ersten Online-Lunch. Mittlerweile haben sich über 50 Akustikerinnen in den E-Mailverteiler eintragen lassen und sind bei unseren Online-Veranstaltungen mit dabei. Besonders gefreut hat uns das persönliche Kennenlernen auf der DAGA 2024 in Hannover. Im September wurde ein neues Format, eine virtuelle Teestunde erfolgreich getestet, bei dem ein angeregter Austausch in kleinen Gruppen möglich war und sich die Teilnehmerinnen besser kennen lernen konnten. Nun nähern wir uns schon dem ersten Jahrestag von Frauen@DEGA!

Im zweiten Jahr finden unsere Veranstaltungen physisch auf der DAGA und virtuell am ersten Freitag im Juni, September und Dezember statt. Bei den Onlinetreffen wechseln wir zwischen Online-Lunch mit Impulsvorträgen und Teestunde mit Zeit zum intensiveren Austausch.

Für den 6. Dezember 2024 von 12:30 bis 13:30 Uhr ist der Online-Lunch mit einem Impulsvortrag aus der Wirtschaft geplant. Wer Interesse hat, daran teilzunehmen und sich mit anderen Frauen in der Akustik vernetzen möchte, schreibt uns an Frauen@dega-akustik.de.

Wir freuen uns auf Euch. ■

*Katja Stampka und
Judith Galuba
im Auftrag des Frauen@DEGA-Kernteam*

01.04.–03.04.2025**DEGA-Akademie****Kurs „Bauakustik – von den Grundlagen zur Anwendung“**

Dieser Kurs findet wieder vom 1.–3. April 2025 in Braunschweig statt.

Er richtet sich an alle, die sich mit der Thematik „Bauakustik“ intensiver auseinandersetzen wollen (insbesondere aus Architektur, Bauingenieurwesen etc.).

Leitung und Referierende:

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

Veranstaltungsort:

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

Programm, Leistungen, Gebühren und Anmeldung:

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

23.06.–26.06.2025

Forum Acusticum / Euronoise 2025 in Malaga (E)



Das Forum Acusticum findet einmal pro Jahr (ab 2025) als große europäische Tagung für Akustik statt, organisiert von einer nationalen Fachgesellschaft für Akustik im Namen der European Acoustics Association (EAA).

Im Jahr 2025 wird die Tagung zusammen mit der Konferenz Euronoise von der spanischen Sociedad Española de Acústica durchgeführt.

Sie sind herzlich eingeladen, am Forum Acusticum / Euronoise 2025 vom 23. bis 26. Juni 2025 in Malaga (E) teilzunehmen.

Beiträge (Abstracts) können bis zum 19. Januar 2025 eingereicht werden.

Für junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gelten folgende Angebote:

- eine "EAA Summer School",
siehe <https://www.fa-euronoise2025.org/summer-school>
- Reisekostenzuschüsse „EAA Travel Grants“;
Bewerbungsfrist: 10.01.2025

- Prämierungen „Best Student Paper Awards“;
Bewerbungsfrist: 30.04.2025

Alle weiteren Informationen finden Sie auf der Webseite <https://www.fa-euronoise2025.org>.

AMC-Schallschutzabhänger

die Referenz im Bereich schalltechnisch optimierter Unterdeckenabhänger



Für eine hohe Trittschalldämmung auch unter 100Hz,
bei leichter doppelschaliger Trockenbauweise



AMC
MECANOCAUCHO
www.akustik.com

*Wunder
gescheh'n*

Let the magic happen.

Mit der Symbiose aus Simulation und Messung
erreichen wir für Sie zauberhafte Ergebnisse.

■ Vorschau

17.–20.03.2025

DAS | DAGA 2025 – Call for Abstracts

51. Jahrestagung für Akustik / 51st Annual Meeting on Acoustics



Die kommende DAGA findet als Gemeinschaftstagung mit der DAS (Dansk Akustisk Selskab) in Zusammenarbeit mit der DTU (Technical University of Denmark) in Kopenhagen statt. Die Konferenzsprache ist Englisch, daher sind alle Ankündigungen zu dieser Veranstaltung in englischer Sprache gehalten. Vorträge und Poster sind jedoch auch in deutscher und dänischer Sprache zugelassen.

Dear colleagues and friends,

on behalf of the organizers, we are delighted to welcome you to the first joint annual meeting of the German and Danish Acoustical Societies, DEGA and DAS, to be held in the beautiful city of Copenhagen.

We are pleased to inform you that registration and abstract submission for DAS | DAGA 2025 have just started. We would be delighted to receive your lecture or poster abstract until 1st November, as well as your personal registration for the conference.

Your conference chairs

Torsten Dau and Bastian Epp



Registration

You are welcome to register as conference participant at
<https://www.das-daga2025.eu/registration>

Abstract Submission

You are also most kindly invited to contribute a presentation to the conference (an oral presentation or a poster) at
<https://www.das-daga2025.eu/authors>

Deadline for abstracts: November 1, 2024.

The conference language is English. Yet, contributions in German or Danish will also be accepted.



Preolloquia on March 17, 2025

- Hearing Acoustics: Models, algorithms and applications
(Torsten Dau, Volker Hohmann)
- Ultrasound Sensing and Imaging
(Frieder Lucklum, Bernd Henning)
- Physiological Acoustics
(Bastian Epp)

Akustikkens Dag, March 17, 2025

organised by Danish Acoustical Society (DAS).

This event is primarily aimed at members of DAS.

Time Schedule for DAS | DAGA

- Now open: Registration as participant and abstract submission for lecture and poster contributions
- November 1, 2024: Final day for abstract submission
- January 31, 2025: Final day for early bird registration at reduced fee
- February 2025: Publication of Conference App and full program
- March 17, 2025: Preolloquia, Akustikkens Dag, general assembly of DEGA
- March 17–20, 2025: Conference DAS | DAGA 2025
- Spring 2025: Conference proceedings are published

Structured Sessions

As in the last years, the conference's general scientific sessions will be accompanied by specially organised sessions on current fields of work and research. By now, we have assembled the following structured sessions:

- Acular Workshop: Accessible and Reproducible Microphone Array Signal Processing with Python
- Acoustic Scene Analysis using Artificial Intelligence
- Advanced Signals Processing for Ultrasound
- AUDICTIVE – Auditory Cognition in Interactive Virtual Environments
- Audio signal analysis, AI and other tools in musical acoustics
- Augmented Acoustic Reality
- Building acoustic regulations and classification for housing – Limits, enforcement and documentation
- Building acoustic requirements in the area of conflict between climate protection, building costs, health protection and comfort
- Cavitation
- Efficient Technologies and Perceptual Optimization of Dynamic Binaural Rendering
- Interactions between movements and hearing
- Methods for technical and perceptual evaluations of hearing devices
- Modeling of flow-induced sound
- Noise at the work place
- Noise Effects in Children
- Ocean Acoustics, Sonar, and Underwater Communication
- Outdoor Sound Propagation
- Sustainability in acoustics
- UAM/UAS noise emission and perception
- Innovations in urban development to reduce traffic noise
- Urban inner development: Solving noise-related conflicts in the vicinity of music clubs
- Waves in solids

Please find the full list at

<https://www.das-daga2025.eu/program/lectures-and-posters>



Social Events

Two evening events will be part of DAS | DAGA:

- Monday, March 17
Reception in the Town Hall
- Wednesday, March 19
Social evening at VEGA (<https://vega.dk/>)

Besides, there will be several technical visits to exciting and informative destinations.

The evening events and most of the excursions are included in the conference fee.

<https://www.das-daga2025.eu/program/social-events>



Exhibition and Sponsorship

All exhibitors and sponsors have the opportunity to present their products and services at DAGA as well as in the various DAGA media.

Our offers for advertisement, sponsorship as well as the exhibitors information including the registration are available at our website of DAS | DAGA.

Booking of sponsorship and exhibition has just been launched:

<https://www.das-daga2025.eu/exhibition-sponsorship>



Congress Venue

Bella Center Copenhagen

Center Boulevard 5

DK-2300 Copenhagen

<https://www.bellacenter.dk/>

A hotel contingent is available via the conference website at <https://www.das-daga2025.eu/venue>.

Contact and Information

Teresa Lehmann and Julia Zech
(DEGA office)

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

Web: <https://www.das-daga2025.eu/>

Phone: +49 (0)30 / 340 60 38 03

Mobile: +49 (0)176 / 56 84 55 64

■ Kalender

- **17.–18.10.2024 in Bad Honnef:**
Herbstworkshop „Physikalische Akustik“,
siehe Seite [51](#) und <https://www.dega-akustik.de/pa>

- **25.–27.10.2024 in Leipzig und Mittweida:**
Herbstworkshop der Fachgruppe „junge DEGA“
siehe <https://www.dega-akustik.de/junge-dega>

- **12.11.2024 in Braunschweig:**
DEGA-Akademie-Kurs „Raumakustik kompakt“,
siehe Seite [38](#) und <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>

- **14.–15.11.2024 in Berlin:**
DEGA-Akademie-Kurs „Grundlagen der Technischen Akustik“,
siehe Seite [38](#) und <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>

- **14.–15.11.2024 in Wien (A):**
Herbst-Treffen des Fachausschusses „Lehre der Akustik“
siehe Seite [51](#)

- **20.–22.11.2024 als Online-Kurs:**
DEGA-Akademie-Kurs „Soundscape – Konzeption, Standardisierung und Anwendungen in der Praxis“,
siehe Seite [39](#) und <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>

- **06.12.2024 in Nürnberg:**
17. DEGA-Symposium „Metamaterialien in der Akustik“,
siehe Seite [39](#) und <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>

- **06.12.2024 online:**
Frauen@DEGA – Online-Lunch,
siehe Seite [40](#)

- **17.–18.12.2024 in Cottbus:**
Workshop „Strömungsschall in Luftfahrt, Fahrzeug- und Anlagentechnik“

■ 17.–20.03.2025 in Kopenhagen (DK):

Jahrestagung DAS | DAGA 2025,
siehe Seite [42f](#) und <https://www.das-daga2025.eu>

- **01.–03.04.2025 in Braunschweig:**
DEGA-Akademie-Kurs „Bauakustik – von den Grundlagen zur Anwendung“,
siehe Seite [40](#) und <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>

- **30.04.2025 bundesweit:**
28. Tag gegen Lärm – International Noise Awareness Day 2025,
siehe <https://www.tag-gegen-laerm.de>

- **06.–08.05.2025 in Garmisch-Partenkirchen:**
NOVEM 2025 (NOise and Vibration Emerging Methods),
siehe
<https://novem2025.sciencesconf.org>

- **18.–23.05.2025 in New Orleans (USA):**
International Congress on Acoustics – ICA 2025,
siehe <https://ica2025neworleans.org>

- **23.–26.06.2025 in Malaga (E):**
Forum Acusticum / Euronoise 2025,
siehe Seite [41](#) und
<https://www.fa-euronoise2025.org>

- **24.–27.08.2025 in São Paulo (BR):**
Inter-Noise 2025,
siehe <https://internoise2025.org/>

- **21.–25.09.2025 in Paderborn:**
International Congress on Ultrasonics (2025 ICU),
siehe <https://2025icu.org>

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

DEGA

Nachrichten und Mitteilungen aus der Fachgesellschaft

■ DEGA-Richtlinie 103-1 „Schallschutz im Wohngebäude, Teil 1“ veröffentlicht



Die DEGA hat kürzlich die neue Richtlinie 103 „Schallschutz im Wohngebäude, Teil 1: Schallschutzklassen und erhöhter Schallschutz“ von September 2024 auf ihrer Webseite veröffentlicht (siehe <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>). Nachdem die vorangegangene DEGA-

Empfehlung 103 bereits in zwei Versionen (2009 und 2018) publiziert wurde, hat diese in der akustischen Fachwelt eine große Beachtung gefunden, und die Erstellung von DEGA-Schallschutzausweisen wird zunehmend populärer. Der Vorstandsrat der DEGA hat 2023 beschlossen, dass neben den bisherigen „DEGA-Empfehlungen“ auch „DEGA-Richtlinien“ veröffentlicht werden sollen. Hierfür gelten dieselben Regularien wie für die Empfehlungen, so dass u. a. auch jeweils ein Einspruchsverfahren durchgeführt werden muss.

Gegenüber der DEGA-Empfehlung 103 aus dem Jahr 2018 wurden folgende Veränderungen in dieser Richtlinie vorgenommen:

- Abtrennung des Teils III zum Schallschutzausweis (DEGA-Richtlinie 103-2),
- Einführung und Umsetzung eines parallelen („zweigleisigen“) Konzepts mit „raumbezogenen“ und „bauteilbezogenen“ Kenngrößen zur

Klassifizierung des Schallschutzes,

- Umstrukturierung mit eigenen Abschnitten zu Begriffen und Formelzeichen,
- Einführung von optionalen Anforderungen,
- Erweiterung und Anpassung der Empfehlungen an den eigenen Wohnbereich aus dem DEGA-Memorandum BR 0104 von Februar 2015,
- Änderungen der Berechnung der erforderlichen Schalldämmung der Außenbauteile,
- redaktionelle Überarbeitung.

Die Richtlinie 103-1 wurde zunächst einem Einspruchsverfahren unterzogen (siehe Akustik Journal 02/23, Juni 2023) und wurde durch den DEGA-Vorstandsrat im März 2024 verabschiedet. Für die Anwendung sei auf den Entwurf der DEGA-Richtlinie 103-2 „Schallschutz im Wohngebäude, Teil 2“ hingewiesen (s. u.). ■

■ Entwurf zur DEGA-Richtlinie 103-2 „Schallschutz im Wohngebäude, Teil 2“



in Abstimmung mit dem Vorstand unter der Nummer 103-2 als Entwurf kürzlich erschienen: „Schallschutz im Wohngebäude, Teil 2: Schallschutzausweis“ (siehe <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>). Zusammen mit dem bereits veröffentlichten ersten Teil (s. o.) sollen diese beiden Richtlinien die bisherige DEGA-Empfehlung 103 „Schallschutz im Wohngebäude – Schallschutzausweis“ aus dem Jahr 2018 ersetzen. Die Änderungen gegenüber der bisherigen Empfehlung sind in der o. g. Meldung zu Teil 1 beschrieben.

Die DEGA-Richtlinie 103-2 wird zunächst einem Einspruchsverfahren unterzogen. Somit haben Sie die Möglichkeit, bis spätestens

finden Sie den Entwurf der Richtlinie als PDF-Download, ein Formblatt für Einsprüche sowie die Regularien für DEGA-Richtlinien. Bitte beachten Sie auch die technischen Hinweise auf der Titelseite des Entwurfs.

Bis zur finalen Veröffentlichung dieses zweiten Teils ist der Absatz III in der bisherigen DEGA-Empfehlung 103 aus dem Jahr 2018 weiterhin gültig (sowie das derzeitige Excel-Tool). ■

Der zweite Teil der DEGA-Richtlinie 103 „Schallschutz im Wohngebäude“ wurde kürzlich vom Fachausschuss Bau- und Raumakustik erstellt. Sie ist

Montag, den 10. Februar 2025
Einsprüche an die DEGA-Geschäftsstelle zu richten (Adresse siehe Seite 58). Auf <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>

■ Wahlausschreibung für drei Wahlen im Frühjahr 2025

Im Frühjahr 2025 stehen drei Wahlen an, die gemäß § 6 der DEGA-Wahlordnung hiermit ausgeschrieben werden:

- Wahl zur/zum Vizepräsident:in,
- Wahl zur/zum Schatzmeister:in,
- Wahl von drei weiteren Vorstandsmitgliedern.

Alle DEGA-Mitglieder sind aufgerufen, Kandidierende für die drei Wahlen vorzuschlagen (s. u.).

1. Wahl zur/zum Vizepräsident:in (d. h. designierten Präsident:in)

Im Jahr 2025 wird gemäß § 16(3) der Satzung ein/e neue/r Vizepräsident:in vom Vorstandsrat gewählt, deren/dessen Wahl hiermit ausgeschrieben wird. Sie/er ist gleichzeitig designierte/r Präsident:in und übernimmt nach drei Jahren, d. h. im Sommer 2028, gemäß § 16(2) der Satzung automatisch für weitere drei Jahre das Amt der/des Präsident:in. In gleicher Weise wird auch der derzeitige Vizepräsident, Prof. Dr. Stefan Becker, im Sommer 2025 das Amt des Präsidenten bis zum Jahr 2028 übernehmen.

Die bisherigen Präsident:innen der DEGA seit 1989 waren bzw. sind: Fridolin P. Mechel, Volker Mellert, Jürgen Meyer, Joachim Scheuren, Jens Blauert, Hugo Fastl, Joachim Scheuren, Otto von Estorff, Martin Ochmann, Michael Vörländer, Jesko Verhey, Sabine Langer.

2. Wahl zur/zum Schatzmeister:in

Die/der Schatzmeister:in wird gemäß § 17(3) der Satzung vom Vorstandsrat gewählt; ihre/seine Wahl wird hiermit ausgeschrieben. Bei Beschlüssen des Vorstands über Angelegenheiten des Haushaltes und Vermögens der DEGA ist ihre/seine Zustimmung erforderlich. Ihre/seine Amtszeit beträgt drei Jahre und sie/er kann zweimal wiedergewählt werden.

Die bisherigen Schatzmeister der DEGA seit 1989 waren bzw. sind: Joachim Herbertz, Volker Mellert, Günther Schomartz, Hugo Fastl, Joachim Scheuren, Ulrich Widmann, Klaus Genuit, Gottfried Behler.

3. Wahl der weiteren Vorstandsmitglieder

Der Vorstand ist gemäß § 17(1) der

Satzung für alle Angelegenheiten der DEGA zuständig, die nicht anderen Gremien übertragen worden sind.

Der Vorstand besteht aus der/dem Präsident:in, der/dem Vizepräsident:in (designierten Präsident:in), der/dem Schatzmeister:in sowie drei weiteren Vorstandsmitgliedern. Für diese drei weiteren Mitglieder wird die Wahl ebenfalls hiermit neu ausgeschrieben. Sie werden gemäß § 17(4) der Satzung vom Vorstandsrat für eine Amtszeit von drei Jahren gewählt und können in unmittelbarer Folge einmal wiedergewählt werden.

Zur Zeit setzt sich der Vorstand wie folgt zusammen:

- Prof. Dr. Sabine C. Langer, Präsidentin
- Prof. Dr. Stefan Becker, Vizepräsident
- Dr. Gottfried Behler, Schatzmeister
- Prof. Dr. Joachim Bös
- Prof. Dr. André Fiebig
- Dr. Christian Koch

Für alle drei Wahlen gilt:

- Alle DEGA-Mitglieder sind berechtigt und aufgefordert, Kandidierende für die drei Wahlen vorzuschlagen (d. h. Vizepräsident:in, Schatzmeister:in und drei Vorstandsmitglieder). Jedes persönliche Mitglied der DEGA darf als Kandidat:in für alle drei Ämter vorgeschlagen werden, unabhängig von der Mitgliedschaft in Gremien des Vereins. Bitte reichen Sie Ihre Vorschläge in schriftlicher Form bei der DEGA-Geschäftsstelle ein (Adresse siehe Impressum, Seite 58). Der Abgabeschluss für die Wahlvorschläge ist **Donnerstag, der 2. Januar 2025**.
- Die vorgeschlagenen Personen haben danach drei Wochen Zeit, ihre Bereitschaft zur Kandidatur schriftlich zu erklären.
- Wahlberechtigt sind in allen drei Fällen die stimmberechtigten Mitglieder des DEGA-Vorstandsrats. Die Wahl erfolgt im Briefwahlverfahren, und jeweils nach Ende des Wahlzeitraums werden die abgegebenen Stimmen vom Wahlausschuss ausgezählt.

- Der Wahlausschuss, bestehend aus Prof. Dr. Sebastian Möller (Wahlleiter), Dr. Judith Galuba und Dr. Martin Klemenz, ist über die DEGA-Geschäftsstelle zu erreichen.

Gemäß der DEGA-Wahlordnung werden die drei Wahlen im Abstand von jeweils etwa vier Wochen zeitlich gestaffelt durchgeführt. Diese Regelung soll den Fall regeln und vereinfachen, wenn ein/e Kandidat:in für mehrere Ämter kandidieren will. Sollte sie/er in ein Amt gewählt werden und diese Wahl annehmen, würde ihre/seine Kandidatur bei der jeweils folgenden Wahl hinfällig werden.

In Anlehnung an § 5(2) der Wahlordnung sind folgende Vorlaufzeiten zur Durchführung der Wahlen festgelegt worden:

- Abgabeschluss für Wahlvorschläge: Do., 02.01.2025
- Abgabeschluss der Bereitschaft zur Kandidatur: Do., 23.01.2025
- Bekanntgabe der gültigen Wahlvorschläge für die drei Ämter: Do., 30.01.2025
- Abgabefrist, die Bereitschaft zur Kandidatur ggf. zu widerrufen: Do., 13.02.2025
- Versand der Wahlunterlagen (1. Wahl – Vizepräsident:in): Do., 27.02.2025
- 1. Wahl – Vizepräsident:in/design. Präsident:in: Ende des Wahlzeitraums am Do., 24.04.2025
- Versand der Wahlunterlagen (2. Wahl – Schatzmeister:in): Mi., 30.04.2025
- 2. Wahl – Schatzmeister:in: Ende des Wahlzeitraums am Do., 22.05.2025
- Versand der Wahlunterlagen (3. Wahl – Vorstandsmitglieder): Mi., 28.05.2025
- 3. Wahl – drei weitere Vorstandsmitglieder: Ende des Wahlzeitraums am Do., 19.06.2025

Amtsantritt der gewählten Personen:
Di., 01.07.2025

■ Neuer Entwurf zur DEGA-Empfehlung 102 „Mindestkanon: Akustik in der Hochschulausbildung“

Die DEGA-Empfehlung 102 wurde erstmals im Jahr 2009 veröffentlicht (siehe <https://www.dega-akustik.de/dega-empfehlung-102>) – mit dem Ziel, dass an den Hochschulen ein kompaktes und ausgewogenes Wissen um die akustischen Grundlagen vermittelt wird. Bisher bezogen sich die betreffenden Inhalte ausschließlich auf Bachelor-Studiengänge. Seitens des Fachausschusses Lehre der Akustik wurde kürzlich angeregt, diese Inhalte grundsätzlich für alle Lehrambiente in der Akustik zu empfehlen. Aufgrund dieser inhaltlichen Änderungen wird die DEGA-Empfehlung 102 erneut einem Einspruchsverfahren unterzogen. Somit haben Sie die Möglichkeit, bis spätestens Montag, den 10. Februar 2025 Einsprüche an die DEGA-Geschäftsstelle zu richten (Adresse siehe Seite 58). Auf <https://www.dega-akustik.de/aktuelles> finden Sie den neuen Entwurf der Richtlinie als PDF-Download, ein Formblatt für Einsprüche sowie die Regularien für DEGA-Empfehlungen. ■

■ Neue Gebühren für Fördermitglieder

Die Beiträge für Fördermitglieder der DEGA sind seit acht Jahren nicht erhöht worden. Angesichts der derzeitigen Preissteigerungen hat der Vorstandsrat bei seiner letzten Sitzung eine Gebührenerhöhung beschlossen. Demnach werden die Jahresbeiträge ab Januar 2025 wie folgt angehoben:

- klein: 1 000 € (bisher 900,- €)
- mittel: 1 700 € (bisher 1 500,- €)
- groß: 2 400 € (bisher 2 100,- €)

Die betreffende Jahresrechnung mit den neuen Gebühren werden die Fördermitglieder wie gewohnt im Frühjahr 2025 erhalten. Für persönliche Mitglieder der DEGA bleiben die derzeitigen Gebühren unverändert bestehen. ■

CADFEM®

WEITERBILDUNG

BEIM NR. 1 SCHULUNGSANBIETER FÜR CAE-SIMULATION

AKUSTIK SIMULIEREN UND MODELLE HÖRBAR MACHEN

In CADFEM Seminaren erlernen Sie die Simulationsmöglichkeiten in der Akustik: Emission, Schallausbreitung und Absorption, Raumakustik, Schallabstrahlung und Durchschallung bis zur Bewertung der Geräuschqualität Ihrer virtuellen Produkte.



www.cadfec.net/akustik

■ Fachausschüsse / Fachgruppen

Arbeitsring Lärm der DEGA (ALD)



Vorsitzender:

Dr. Thomas Beckenbauer, München
t.beckenbauer@ald-laerm.de

Expertengespräch zu lärmbedingten Konflikten im Umfeld von Musikclubs

Im Rahmen des vom Umweltbundesamt geförderten Projektes „Schutz vor Umgebungslärm mit Schwerpunkt Leben in der Stadt, Mobilitätswende und Erneuerbare Energien“ hat der ALD das erste Expert:innengespräch zum Thema „Lösung für lärmbedingte Konflikte im Umfeld von Musikclubs – die Kulturschallverordnung?“ geführt. Hintergrund ist die Wahrnehmung der Clubszene, dass es für Betreibende von Musikclubs immer schwerer wird, passende Standorte zu finden und den Betrieb dauerhaft aufrecht zu erhalten. Auch aus Gründen des Schutzes vor Lärm und insbesondere dann, wenn im Zuge der Nachverdichtung städtischer Räume empfindliche Nutzungen wie Wohnquartiere an Clubstandorte heranrücken. Besonderes Konfliktpotential entsteht durch Lärm des im Zusammenhang mit dem Betrieb eines Clubs stehenden Straßenverkehrs und des Aufenthalts von Clubgästen im öffentlichen Raum außerhalb des Clubs. Wo die aus einem Club nach außen dringende Musik und Geräusche prinzipiell gut gemindert werden können, haben die Clubbetreibenden außerhalb des Clubs kaum eine Handhabe. Gleichzeitig stellen Musikclubs und Livemusik-Spielstätten aber ein wichtiges Element städtischen Lebens dar, wo junge Menschen sinnstiftende gemeinschaftliche Erlebnisse erfahren und das Zusammenleben gefördert wird. Nicht zuletzt stellen Musikclubs und Livemusik-Spielstätten auch einen wichtigen Wirtschaftsfaktor dar.

Zur Handhabung lärmbedingter Konflikte hat die Clubszene Empfehlungen für eine sogenannte Kulturschallverordnung vorgelegt. Zu den wesentlichen Bestandteilen dieser Empfehlungen zählen die Festsetzung angehobener nächtlicher Immissionsrichtwerte außen oder alternativ die Verlagerung des maßgeblichen Immissionsortes hinter die Fenster der Wohnbebauung, die Berücksichtigung der schalltechnischen Vorbelastung im Außenbereich eines Clubs beispielsweise durch Verkehr auf öffentlichen Straßen zur Bewertung der Hörbarkeit der Clubgeräusche an einem Immissionsort und das Weglassen der Zuschlüsse für Impuls- und Tonhaltigkeit bei der Bildung von Beurteilungspegeln. Dies soll dann gelten, wenn ein Musikclub nachweisbar kulturellen Zwecken dient.

Vor dem Hintergrund dieser Verordnungsidee erfolgte die Diskussion zu lärmbedingten Konflikten und deren Lösung im Expertengespräch, an dem Vertreter:innen der öffentlichen Hand (Stadtplanung, Immissionsschutz, Verwaltung), Experten auf den Gebieten Lärmwirkung und Schutz vor Lärm, der Politik und der Clubszene teilnahmen. Das Expertengespräch wurde protokolliert. Es wird im Rahmen einer noch zu erstellenden Dokumentation ausgewertet, zusammengefasst und zum gegebenen Zeitpunkt vom ALD veröffentlicht.

Strukturierte Sitzungen auf der DAS | DAGA 2025

Der ALD hat Themen für zwei strukturierte Sitzungen auf der DAS | DAGA 2025 in Kopenhagen eingereicht:

- Urban inner development: Solving noise-related conflicts in the vicinity of music clubs
- Innovations in urban development to reduce traffic noise

Die Sitzungen werden von Vertretern der ALD-Leitung organisiert und moderiert.

DEGA-Lärmschutzpreis 2025

In dieser Ausgabe des Akustik Journals (siehe Seite 6) erscheint die Ausschreibung zum Lärmschutzpreis der DEGA 2025. Erstmals ist auch auf Vorschlag Dritter die Bewerbung von Einzelper-

sonen möglich. Der ALD würde sich über zahlreiche Bewerbungen freuen. Die Jury wird die Preisträgerin bzw. den Preisträger Anfang nächsten Jahres wählen. Die Übergabe des Preises wird in einer Veranstaltung des ALD im Frühjahr 2025 erfolgen.

*Thomas Beckenbauer,
Christian Beckert,
Christian Popp,
Dirk Schreckenberg*

Fachausschuss Bau- und Raumakustik



Vorsitzender:

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

Herbst-Treffen in Braunschweig

In gewohnter Manier traf sich der Fachausschuss am Donnerstag, 12.09.2024 am Tag nach der VMPA-Info-Veranstaltung in der PTB Braunschweig. Die Sitzung wurde mit Hilfe des VMPA-Systems hybrid mit ca. 20 Personen im Raum und ca. 55 Personen online durchgeführt. Dank gebührt somit der PTB für die Gastfreundschaft sowie dem VMPA für die Unterstützung. Mit der Einladung zur Herbst-Sitzung 2024 und zum Programm der Sitzung wurde ein gemeinsames Dokument von NALS im DIN und DEGA verteilt, in dem der aktuelle Status Quo zum im März angekündigten Gemeinschaftsgremium VDI/DEGA 4100 dargestellt wurde. Entgegen den Ankündigungen und auch der festen Beschlusslage auf Seiten der DEGA, wurde nun kein Gemeinschaftsgremium gegründet. Die im März 2024 vorgestellte Einigung wurde durch Entwicklungen auf Seiten des DIN bzw. VDI in Frage gestellt und entsprechend im NALS-Beirat kein Beschluss zur gemeinschaftlichen Normungsarbeit gefasst.

Die DEGA-Richtlinie 103-1 „Schallschutz im Wohnungsbau, Teil 1: Schallschutzklassen und erhöhter Schallschutz“ wurde mit Datum September 2024 während der FA-Sitzung veröffentlicht. Der große Dank an die DEGA-Geschäftsstelle und die DEGA-Präsidentin ist zu bekräftigen. Die DEGA-Richtlinie 103-1:2024-09 ist auf der DEGA-Webseite veröffentlicht und steht allen Interessierten kostenlos zur Verfügung. Ein kleiner Umtrunk der Vor-Ort-Teilnehmenden zur finalen Veröffentlichung

der Richtlinie rundete nach langjähriger Arbeit die Veröffentlichung ab. Dem äußerst aktiven Arbeitskreis, inzwischen als AK 02 bezeichnet, ist an dieser Stelle ein herzlicher Dank auszusprechen.

Weitere Punkte der Sitzung waren die standardmäßigen Berichte aus der Normung sowie der Fachkommission Schallschutz (FKS). Zur FKS ist zu berichten, dass Christian Burkhardt und Thomas Hils vom Fachausschuss zur Fachkommission Schallschutz – FKS – bisher als gewählte Vertreter entsandt waren. Da Christian Burkhardt bereits zweimal wiedergewählt wurde, konnte er nicht noch einmal antreten. Die Fachkommission Schallschutz ist seit 2012 ein Gremium der Deutschen Gesellschaft für Akustik (DEGA) und setzt sich aus Mitgliedern zusammen, die über langjährige Erfahrungen in der Bauakustik verfügen. Bei der FA-Sitzung am 12.09. wurde Thomas Hils wiedergewählt und Alfred Schmitz als zweiter Vertreter der DEGA in der FKS gewählt. Weiterhin ist zu berichten, dass das vom DEGA-Vorstand entsandte Mitglied zur FKS abgelöst wurde. Der Fachausschuss dankt Ulrich Donner für seine 12-jährige Mitwirkung. Die Nachfolge hat Martin Schneider freundlicherweise übernommen. Weiterhin ist Christian Burkhardt für die Tätigkeit in der FKS, zuletzt als deren gewählter Vorsitzender, zu danken. Deutlich mehr Raum konnte den inzwischen fünf Arbeitskreisen des Fachausschusses gewidmet werden. Diese sind:

- AK 01 Ermittlung maßgeblicher Außenlärmpegel
- AK 02 Überarbeitung DEGA-Richtlinie 103-1
- AK 03 Überarbeitung DEGA-Richtlinie 103-2
- AK 04 Datenformat Absorptionsdaten
- AK 05 Zertifizierungssysteme für Nachhaltigkeit

Aus den Arbeitskreisen AK 01, AK 02, AK 03 und AK 05 wurden ausführliche Berichte vorgetragen und diskutiert. Bei Interesse an einer Mitarbeit melden Sie sich gern bei der Leitung des FAs.

Zu den weiteren Aktivitäten des Fachausschusses wurde das Thema „Raumakustik-Qualitätssicherung“ durch einen Beitrag aus Rosenheim vorgestellt

und diskutiert. Zu dem geplanten Pilotversuch von raumakustischen Vergleichsmessungen erfolgt zeitnah eine Information an alle Mitglieder des Fachausschusses.

Als strukturierte Sitzungen des Fachausschusses zur DAS|DAGA 2025-Tagung wurden inzwischen die beiden folgenden Themen mit der Tagungsleitung und Birgit Rasmussen aus Dänemark abgestimmt:

- Building acoustic regulations and classification for housing – Limits, enforcement and documentation. Session chairs: Birgit Rasmussen (DK) and Christian Nocke (DE)
- Building acoustic requirements in the area of conflict between climate protection, building costs, health protection and comfort. Session chairs: Martin Schneider (DE) and Birgit Rasmussen (DK)

Unter „Verschiedenes“ wurde das Thema HOAI/AHO Heft Nr. 14 kurz vorgestellt und führte zu einer Diskussion, die bei einer der kommenden Sitzung fortgeführt werden soll.

Die Sitzung in Braunschweig von 10:00 bis fast 14:30 Uhr bot ausreichend Raum für den Austausch. Dennoch ist bei einer der kommenden Sitzungen zu überlegen, ob die zweijährige Wiederholung in Braunschweig mit der deutlich besser besuchten VMPA-Infoveranstaltung am Vortag beibehalten werden soll.

Nächste Sitzung – Save the date

Die nächste offizielle Sitzung ist für den 12.03.2025 von 10–13 Uhr ausschließlich als Online-Sitzung geplant. Eine separate Einladung mit der finalen Tagesordnung wird rechtzeitig verschickt. Auf der Gemeinschaftstagung DAS|DAGA 2025 in Kopenhagen vom 17. bis 20. März 2025 ist ein informelles Treffen des Fachausschusses vorgesehen, bei dem keine Beschlüsse gefasst werden.

*Christian Nocke,
Henning Alhei,
Tobias Kirchner*

Fachausschuss Elektroakustik



Vorsitzender:

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

Rückblick Herbsttreffen:

Das diesjährige Herbsttreffen des DEGA-Fachausschusses Elektroakustik fand am 09. (geselliger Abend) und 10. September in Nürtingen, bei der Fohhn Audio AG, statt. Passend zum Veranstaltungsort gab es folgende Fachbeiträge:

- Schwarz.: „Immersive Raumsysteme mit und ohne Hall“;
- Scheffe: „Lautsprechersystem, Planung und Initialisierung im Dom zu Speyer“;
- Zollner: „Lautsprecher und Nichtlinearitäten“;
- Panzer: „Die neue Horn-Komponente in Akabak“ (Beispiel Bahnhoflautsprecher mit gefaltetem Horn).

Ergänzt wurden diese um zwei weitere Impulsvorträge aus dem Bereich der Sensorik:

- Bilz: „Modulares Sensorsystem zur Ortung von Infraschall – Proof of Concept“
- Beer: „Sensorik für KI-basiertes Monitoring – bioinspiriertes Mic“

Die Vortragsunterlagen stehen je nach Freigabe der Referenten den Fachausschussmitgliedern zur Verfügung. Anfragen bitte bei der Fachausschussleitung per E-Mail einreichen.

Abgerundet wurde das Programm durch eine beeindruckende Werksführung und tolle Lautsprechersystemdemos von Fa. Fohhn und ein wunderbar durchgeplantes Catering! Herzlichen Dank an dieser Stelle für alle Unterstützung durch die Fohhn Audio AG. Das Herbsttreffen hat wieder allen viel Freude bereitet (siehe Gruppenfoto).



Ankündigungen:

Mit Blick auf die DAS | DAGA 2025 sei darauf hingewiesen, dass der Fachausschuss Elektroakustik eine neue Fachausschussleitung (Vorsitz/Stellvertretung) auf der Tagung wählen wird. Vorschläge für Kandidierende dürfen an die aktuelle Fachausschussleitung per E-Mail übermittelt werden.

Ebenso sei angemerkt, dass noch bis zum 01. November 2024 Abstracts für Vorträge eingereicht werden können. Es wird auch wieder die allgemeine Sitzung zur Elektroakustik und Audio-Signalverarbeitung geben. ■

Daniel Beer

Fachausschuss Lärm: Wirkungen und Schutz



Vorsitzender:

Dr. Florian Schelle, Institut für Arbeitsschutz der DGUV, St. Augustin,
fa-laerm@dega-akustik.de

Die nächste FA-Sitzung wird im Rahmen der DAS | DAGA 2025 in Kopenhagen stattfinden. Alle Mitglieder und Interessierten sind herzlich eingeladen, hieran teilzunehmen und sich aktiv einzubringen. Gerne können Sie uns Ihre Anliegen und Themenvorschläge auch schon vorab melden. Ein Tagesordnungspunkt werden in jedem Fall die Neuwahlen der Fachausschussleitung sein, da die Amtszeit der aktuellen Leitung mit der kommenden Sitzung nach dann drei Jahren planmäßig endet. Wenn Sie Interesse an der Arbeit der FA-Leitung haben und sich ein eigenes Engagement vorstellen können, stehen wir Ihnen gerne für weitere Informationen und einen persönlichen Austausch zur Verfügung. ■

Florian Schelle

Fachausschuss Lehre der Akustik



Vorsitzender:

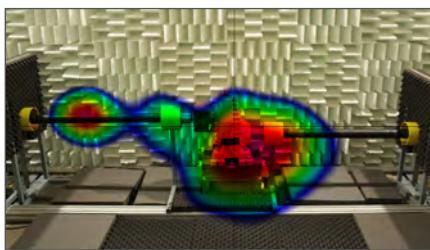
Prof. Dr. Stefan Sentpali, Hochschule für angewandte Wissenschaften München,
stefan.sentpali@hm.edu

Der Fachausschuss Lehre der Akustik trifft sich am 14. bis 15.11.2024 in Wien an der Universität für Musik und Darstellende Kunst. Gastgeber sind Univ.-Prof. Dr.-Ing. Malte Kob und die Institutsleiterin Univ.-Prof.in Mag.a Judith Kopecky PhD vom im Antonio-Salieri-Institut mdw.

Ein Schwerpunkt der Diskussionen soll die Einbindung von Studienanfängern oder noch unentschlossenen Schulabgängern in die Akustik sein. Anmeldung bitte direkt an den Gastgeber Prof. Malte Kob (voiceresearch@mdw.ac.at) bis zum 15.10.2024. ■

Stefan Sentpali

Fachausschuss Physikalische Akustik



Vorsitzender:

Dr. Jens Prager, Bundesanstalt für Materialforschung, Berlin
jens.prager@bam.de

Im Juli 2024 fand im Hotel Linslerhof im Saarland der erste Workshop „Guided Ultrasonic Waves: Emerging Methods“ (GUWEM) statt. Mit mehr als 40 Teilnehmerinnen und Teilnehmern übertraf die Veranstaltung alle Erwartungen.



Der Fachausschuss bedankt sich bei Daniel Kiefer und seinen Kollegen vom Institut Langevin, Paris und bei der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, für die Organisation der Veranstaltung. Unser besonderer Dank geht an das Hotel Linslerhof für die perfekte Beherbergung und an die Polytec GmbH für die Unterstützung des Workshops. Inklusive des Eröffnungsvortrags vom Michael Lowe (Imperial College) umfasste das Programm insgesamt 21 hochkarätige Beiträge aus sieben europäischen Ländern sowie zum Ausgleich eine Wanderung bis zur französischen Grenze. Wegen des unerwarteten Erfolgs hoffen wir auf eine Neuauflage der Veranstaltung in zwei Jahren.

Auch in diesem Jahr wird es wieder den Herbstworkshop des Fachausschusses Physikalische Akustik im Physikzentrum Bad Honnef geben. Die Veranstaltung findet am 17. und 18. Oktober statt und steht unter der Überschrift „Maschinenaakustik“. Dabei wird auf Themen

wie technische Lärmminderung und akustikgerechtes Gestalten, Vibroakustik, Schwingungen und NVH, sowie Monitoring und Schadensdiagnose mit akustischen Signalen eingegangen. Das vorläufige Workshop-Programm mit Kurzfassungen der Vorträge ist auf der DEGA-Webseite veröffentlicht (siehe <https://www.dega-akustik.de/29-workshop-honnef>). Der Anmelde-link ist bereits freigeschaltet.

Die nächste Sitzung des Fachausschusses findet im Rahmen der DEGA-Workshops in Bad Honnef am Donnerstag, den 17.10.2024 am frühen Nachmittag statt. Eine Online-Teilnahme wird ermöglicht. ■

Jens Prager

■ Fachausschüsse und Fachgruppen der DEGA stellen sich vor (Teil 11)

Fachausschuss Hörakustik

Der Fachausschuss Hörakustik (FAHA) der DEGA ist das zentrale Forum für wissenschaftliche Grundlagen, praktische Anwendung und Normung in allen Bereichen der Akustik, die mit Hören und akustischer Wahrnehmung in Verbindung stehen. Ein besonderer Aspekt des FAHA ist dessen fachliche Breite. Wir nutzen Synergien zwischen Ingenieurs- und Naturwissenschaften mit der Biologie, Psychologie und Medizin.

Wir betrachten uns als wichtigen Beitrag zur Lösung gesellschaftlicher Probleme, die von klassischen Themen wie Kommunikation, Lärm, Schwerhörigkeit und Geräuschbewertung bis hin zu grundlegenden Beiträgen in den Bereichen der virtuellen Realität, künstlichen Intelligenz, und bionischen Implantaten reichen. Der FAHA ist bereits jetzt ein viel genutzter Ansprechpartner für Fragestellungen aus der Politik, Industrie und Hochschulen. Da sich der akademische und gesellschaftliche Raum ständig verändert, arbeiten wir daran, den FAHA laufend an den gesellschaftlichen Bedarf anzupassen.

Der FAHA spielt natürlich auch eine zentrale Rolle innerhalb der DEGA und ist durch seine Mitglieder:innen stark im Vorstand und anderen Fachausschüssen vernetzt. Es gibt viele formelle und informelle Verbindungen innerhalb und außerhalb Deutschlands, die es zu stärken gibt. Weiterhin legen wir großen Wert darauf, dem wissenschaftlichen Nachwuchs ein Forum zu geben, sich zu präsentieren und weiterzuentwickeln. Um dies zu unterstützen, müssen wir gemeinschaftlich ein zeitgemäßes, aktives Forum schaffen.

Die Zukunft des FAHA ist durch die aktive Einbindung des wissenschaftlichen Nachwuchses gesichert. Dieses Potential lässt sich durch eine Verstärkung in den relevanten Bereichen der Biologie und Medizinischen Physik noch weiter steigern. In den nächsten Jahren hoffen wir, unsere gemeinsamen Aktivitäten auf der DAGA durch eine regelmäßige virtuelle Komponente und offen zugängliche digitale Ressourcen zu ergänzen. Dieses leicht zugängliche und fachlich relevante Forum soll die oben genannten Ziele aktiv unterstützen. Wir setzen auf ein hohes Aktivitätsniveau auf der DAGA und auf internationalen Tagungen durch strukturierte Sitzungen sowie auf eine starke Präsenz der Mitglieder:innen in den Gremien der DEGA. Wir sehen viele Möglichkeiten, die einzigartige Kombination aus Industrie und Wissenschaft zu bündeln und noch mehr Grundlagen zu schaffen, um unserem Auftrag der Wissensvermittlung, Entwicklung und Forschung gerecht zu werden.

Die Fachausschussleitung steht für Anfragen und Vermittlung relevanter Kontaktpunkte innerhalb des FAHA gerne zur Verfügung.

Bastian Epp

Akustik+Bauphysik Süd

Burkhart und Partner Beratende Ingenieure und Sachverständige



Beratung und Planung
Messen von Schall und Erschütterungen
Gutachten

Bauakustik, Raumakustik
Beschallungstechnik
Schall-Immissionsschutz
Erschütterungsschutz
Thermische Bauphysik

Öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige
VMPA - Schallschutzprüfstelle
Messstelle § 29 BlmSchG für Geräusche und Erschütterungen
Beratende Ingenieure
Verantwortliche Sachverständige nach § 3 Abs. 1 der AVEn (Gebäudeenergiegesetz)
Energieeffizienzexperten EEE
Akkreditiertes Prüflaboratorium gemäß DIN EN ISO/IEC 17025: 2008
Wir arbeiten mit dem Qualitätsmanagement nach ISO 9001: 2008

Schallschutz
Wärmeschutz
Bauphysik

Pöcking | München | Offenbach | Weimar
anfrage@ab-sued.com | www.ab-sued.com

■ Mitglieder / Fördermitglieder

Derzeit hat die Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V.

- 2010 persönliche Mitglieder
 - und 76 Fördermitglieder
- (Stand September 2024).

Über alle Leistungen und Angebote, die mit einer Mitgliedschaft verbunden sind, können sich interessierte Akustikerinnen und Akustiker sowie 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
- Akustik+Bauphysik Süd PartGmbB, Pöcking
- ALN Akustik Labor Nord GmbH, Kiel
- AMC Schwingungstechnik, Asteasu (E) / Nürnberg
- Amorim Deutschland GmbH, Delmenhorst
- BASF SE, Ludwigshafen
- Baswa AG, Baldegg (CH)
- Bayer Bauphysik Ingenieurgesellschaft mbH, Fellbach
- BeSB GmbH, Berlin
- Bode Planungsgesellschaft für Energieeffizienz mbH, Münster
- 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, Augsburg
- 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
- Klippel GmbH, Dresden
- 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, Blaikenhain
- Microflown Technologies BV, Arnhem (NL)
- Microtech Gefell GmbH, Gefell
- Möhler + Partner Ingenieure GmbH, München
- Müller-BBM Gruppe, Planegg bei München
- Normec uppenkamp GmbH, Ahaus
- Norsonic Tippkemper GmbH, Oelde-Stromberg
- Novicos GmbH, Hamburg
- NTi Audio GmbH, Essen
- Odeon A/S, Lyngby (DK)
- PCB Synotech GmbH, Hückelhoven
- Phonotech SPRL, Thimister-Clermont (B)
- Regupol Germany GmbH & Co. KG, Bad Berleburg
- Renz Systeme GmbH, Aidlingen
- Rockwool Rockfon GmbH, Gladbeck
- Saint-Gobain Isover G+H AG, Landenburg
- Schaeffler Gruppe, Herzogenaurach
- Schöck Bauteile GmbH, Baden-Baden
- 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
- Svantek Deutschland GmbH, Möhnesee
- Texaa, Gradignan (F)
- Troldtekt GmbH, Hamburg
- TÜV Süd Industrie Service GmbH, Lingen (Ems)
- 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 (Juli 2024 – September 2024)

Bezeichnung	Titel	Preis*
Fachgebiet Bau- und Raumakustik		
DIN 38457	Akustik – Software für die Berechnung von Schall in Arbeitsräumen – Qualitätssicherung der implementierten Verfahren	120,84 €
DIN EN 17823	Akustische Eigenschaften von Bauteilen und von Gebäuden – Prüfstandsmessungen der Trittschalldämmung von Treppen und Treppen-Entkopplungselementen; Deutsche Fassung EN 17823:2024	99,35 €
DIN EN ISO 16032	Akustik – Messung des Schalldruckpegels von haustechnischen Anlagen oder Aktivitäten in Gebäuden – Standardverfahren (ISO 16032:2024); Deutsche Fassung EN ISO 16032:2024	99,35 €
Fachgebiet Elektroakustik / Messtechnik		
DIN EN IEC 60268-24	Elektroakustische Geräte – Teil 24: Kopfhörer und Ohrhörer – Eigenschaften zur aktiven Geräuschunterdrückung (IEC 60268-24:2023); Deutsche Fassung EN IEC 60268-24:2024	104,95 €
DIN EN IEC 63296-2*VDE 0896-2	Tragbare Multimediasysteme – Bestimmung der Batterielebensdauer – Teil 2: Kopfhörer und Ohrhörer mit aktiven Funktionen zur Geräuschunterdrückung (IEC 63296-2:2023); Deutsche Fassung EN IEC 63296-2:2024	45,55 €
DIN EN ISO 80000-8/A1	Größen und Einheiten – Teil 8: Akustik – Änderung 1 (ISO 80000-8:2020/DAM 1:2024); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 80000-8:2020/prA1:2024 (Einspruchsfrist: 09.10.2024)	39,35 €
Fachgebiet Lärmschutz		
DIN EN 13819-1	Gehörschützer – Prüfung – Teil 1: Physikalische Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 13819-1:2020+A1:2024	136,82 €
DIN EN 13819-3	Gehörschützer – Prüfung – Teil 3: Zusätzliche akustische Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 13819-3:2019+A1:2024	131,96 €
DIN EN 16272-3-2/A1	Bahnwendungen – Oberbau – Lärmschutzwände und verwandte Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung – Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften – Teil 3-2: Standardisiertes Schienenverkehrslärmspektrum und Einzahlangaben für gerichtete Schallfelder; Deutsche und Englische Fassung EN 16272-3-2:2023/prA1:2024	32,34 €
DIN EN 17383	Lärmschutzvorrichtungen an Straßen – Nachhaltigkeitsbewertung: Deklaration der Leistungsindikatoren; Deutsche Fassung EN 17383:2024	72,80 €
DIN EN 352-10	Gehörschützer – Sicherheitstechnische Anforderungen – Teil 10: Gehörschutzstöpsel mit Audiounterhaltungseingang; Deutsche Fassung EN 352-10:2020+A1:2024	52,90 €
DIN EN 352-2	Gehörschützer – Allgemeine Anforderungen – Teil 2: Gehörschutzstöpsel; Deutsche Fassung EN 352-2:2020+A1:2024	79,72 €
DIN EN 352-6	Gehörschützer – Sicherheitstechnische Anforderungen – Teil 6: Kapselgehörschützer mit sicherheitsrelevantem Audioinput; Deutsche Fassung EN 352-6:2020+A1:2024	52,90 €

Bezeichnung	Titel	Preis*
DIN EN 352-8	Gehörschützer – Sicherheitstechnische Anforderungen – Teil 8: Kapselgehörschützer mit Audiounterhaltungseingang; Deutsche Fassung EN 352-8:2020+A1:2024	52,90 €
DIN EN 352-9	Gehörschützer – Sicherheitstechnische Anforderungen – Teil 9: Gehörschutzstöpsel mit sicherheitsrelevantem Audioinput; Deutsche Fassung EN 352-9:2020+A1:2024	52,90 €
DIN EN ISO 17201-2	Akustik – Geräusche von Schießplätzen – Teil 2: Berechnung des Mündungsknalls (ISO/DIS 17201-2:2024); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 17201-2:2024	99,35 €
DIN EN ISO 17201-4	Akustik – Geräusche von Schießplätzen – Teil 4: Berechnung des Geschossgeräusches (ISO/DIS 17201-4:2024); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 17201-4:2024	126,26 €
DIN ISO 13472-1	Akustik – Messung der Schallabsorptionseigenschaften von Straßenoberflächen vor Ort – Teil 1: Freifeldverfahren (ISO 13472-1:2022)	104,95 €
Fachgebiet Maschinen- und Fahrzeugakustik		
DIN 51834-5	Prüfung von Schmierstoffen – Tribologische Prüfung im translatorischen Oszillations-Prüfgerät – Teil 5: Quantifizierung der reibungsbedingten Geräuschentwicklung von Bremsflüssigkeiten in EPDM-Metall-Kontakten	85,79 €
DIN CEN ISO/TS 7849-1	Akustik – Bestimmung der von Maschinen abgestrahlten Luftschallleistungspegel durch Schwingungsmessung – Teil 1: Verfahren der Genauigkeitsklasse 3 mit festem Abstrahlgrad (ISO/TS 7849-1:2009); Deutsche Fassung CEN ISO/TS 7849-1:2022	79,63 €
DIN CEN ISO/TS 7849-2	Akustik – Bestimmung der von Maschinen abgestrahlten Luftschallleistungspegel durch Schwingungsmessung – Teil 2: Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 einschließlich Bestimmung des geeigneten Abstrahlgards (ISO/TS 7849-2:2009); Deutsche Fassung CEN ISO/TS 7849-2:2022	88,04 €
VG 85644	Schallkapseln – Konstruktionsgrundlagen; Text Deutsch und Englisch	85,79 €
Fachgebiet Ultraschall / Hydroakustik		
DIN EN IEC 62127-3 Berichtigung 1	Ultraschall – Hydrophone – Teil 3: Eigenschaften von Hydrophonen zur Verwendung in Ultraschallfeldern (IEC 62127-3:2022); Deutsche Fassung EN IEC 62127-3:2023; Berichtigung 1	0,00 €
DIN EN ISO 16809	Zerstörungsfreie Prüfung – Dickenbestimmung mit Ultraschall (ISO/DIS 16809:2024); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 16809:2024	115,33 €
DIN EN ISO 16828	Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Beugungslaufzeittechnik zum Auffinden und Ausmessen von Inhomogenitäten (ISO/DIS 16828:2024); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 16828:2024	99,35 €
DIN EN ISO 18563-3	Zerstörungsfreie Prüfung – Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung mit phasengesteuerten Arrays – Teil 3: Vollständige Prüfsysteme (ISO 18563-3:2024); Deutsche Fassung EN ISO 18563-3:2024	120,84 €
DIN EN ISO 5577	Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Begriffe; Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 5577:2024 (Einspruchfrist: 23.10.2024)	126,26 €

*) 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 (außer⁴⁾) 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 € ¹⁾	X
	Acta Acustica [®]		X
Tagungsbände	DAGA-Tagungsbände „Fortschritte der Akustik“ (1970–2024)		X
	Proceedings ICA / INTER-NOISE		X ²⁾
Richtlinien, Empfehlungen und Memordaten	DEGA-Richtlinie 103-1: Schallschutz im Wohnungsbau, Teil 1		X
	DEGA-Empfehlung 101: Akustische Wellen und Felder		X
	DEGA-Empfehlung 102: Mindestkanon Akustik in der Hochschulausbildung ³⁾		X
	DEGA-Empfehlung 103: Schallschutz im Wohnungsbau – Schall- schutzausweis ⁴⁾		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 € ⁵⁾	
	Heft 6: Von der Luftsirene bis zur russischen Aeroakustik	29,95 € ⁵⁾	
	Heft 7: Lord Rayleigh, Sir Horace Lamb, Sir James Lighthill	22,95 € ⁵⁾	
	Heft 8: Große Wissenschaftler mit Beiträgen zur Akustik	32,95 € ⁵⁾	

	Name	gedruckt	online
	Heft 9: Kundt, Waetzmann, Schuster	26,95 € ⁵⁾	
	Heft 10: Eberhard Zwicker, Lothar Cremer und Manfred Heckl	32,95 € ⁵⁾	
	Heft 11: Erwin Meyer, Heinrich Barkhausen und Walter Reichardt	44,00 € ⁵⁾	
Fachgebiet Lärm	YouTube-Video „So klingt meine Welt“		X
	YouTube-Videos „Noisella lehrt Akustik“		X
	Video zum Thema „Partizipation“ (Tag gegen Lärm)		X
	Hörbeispiele und Geräuschesituationen		X
	Mitschnitt (Video) des ALD-Panels „Fluglärm“ vom 03.12.2021		X
	Mitschnitt (Video) des ALD-Panels „Gesamtlärm“ vom 01.04.2022		X
	Mitschnitt (Video) des ALD-Panels „Windradlärm“ vom 02.12.2022		X
	Broschüre „Lärm im Alltag“		X
	ALD-Broschüre „Energiewende und Lärmschutz“ (2023)		X
	ALD-Broschüre „Schienenverkehrslärm – Ursachen, Wirkungen, Schutz“ (2018)	2,00 €	X
	ALD-Broschüre „Straßenverkehrslärm“ (2021)		X
	ALD-Broschüre „TEchnologies of NOise Reduction (TENOR)“		X
Fachgebiet Lehre der Akustik	Dissertationsregister Akustik		X
	Studienführer „EAA Schola“		X
	YouTube-Video „Faszination Akustik – Eine Reise durch die Welt des Schalls“		X
	Interaktive Apps für die Lehre der Akustik		X
Fachgebiet Musikalische Akustik	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
	Literaturdatensammlung Musikalische Akustik		X
Fachgebiet Hörakustik	Kompendium zur Durchführung von Hörversuchen in Wissenschaft und industrieller Praxis (Entwurf)		X

¹⁾ für Mitglieder²⁾ Anleitung für den Zugang unter <https://www.dega-akustik.de/dega/aktuelles/ica-und-inter-noise/>³⁾ hierzu geänderte Fassung als Entwurf veröffentlicht, siehe <https://www.dega-akustik.de/dega/aktuelles/dega-empfehlung-102>⁴⁾ hierzu neue Richtlinie veröffentlicht, siehe <https://www.dega-akustik.de/richtlinie-103-1> und neue Richtlinie als Entwurf erschienen, siehe <https://www.dega-akustik.de/dega/aktuelles/dega-richtlinie-103-2>⁵⁾ Preise ohne Gewähr; Bestellungen ausschließlich über <https://westarp-bs.de>

Impressum

Akustik Journal Nr. 03 / Oktober 2024

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
Tel.: +49 (0)30 - 340 60 38-00
Fax: +49 (0)30 - 340 60 38-10
Web: www.dega-akustik.de

ISSN

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

Chefredaktion

Prof. Dr.-Ing. Detlef Krahé
E-Mail: chefredaktion-aj@dega-
akustik.de

Stv. Chefredaktion

Dr. rer. nat. Christian Koch

Redaktionsbeirat

Prof. Dr.-Ing. habil. Ercan Altinsoy
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. Ennes Sarradj
Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra

Redaktionsassistenz

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

Anzeigen

Julia Zech (M. A.)
E-Mail: julia.zech@dega-akustik.de

Layout und Satz

Dipl.-Ing. Evelin Baumer
E-Mail: ebaumer@dega-akustik.de

Gestaltungskonzept

Heilmeyer und Sernau Gestaltung
Web: www.heilmeyerundsernau.com/

Druck

Königsdruck Printmedien und digitale
Dienste GmbH
Web: www.koenigsdruck.de

Bildnachweise

S. 1 – Titelseite © Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDMT, Ilmenau; S. 5 – Aktuelles: DAS | DAGA 2025, Logo © Ina Platte, inani-design.de; S. 5 – Aktuelles: 17. DEGA-Symposium, Logo © mit freundlicher Genehmigung von Stefan Becker; S. 6 – Aktuelles: DEGA-Lärmschutzpreis, Logo © Julia Echterhoff, julistrationen.de, Copyright DEGA e. V.; S. 38 – Veranstaltungen: DEGA-Akademie „Raumakustik kompakt“, Logo © Prof. Dr. Alfred Schmitz, Grevenbroich; S. 38 – Veranstaltungen: DEGA-Akademie „Grundlagen der Technischen Akustik“, Logo © Ennes Sarradj, Berlin; S. 39 – Veranstaltungen: 17. DEGA-Symposium, Logo © mit freundlicher Genehmigung von Stefan Becker; S. 41 – Veranstaltungen: Forum Acusticum / Euronoise 2025, Logo © mit freundlicher Genehmigung der EAA; S. 42 – Veranstaltungen: DAS | DAGA 2025, Logo © Ina Platte, inani-design.de; S. 42 – Veranstaltungen: DAS | DAGA 2025, Copenhagen Panorama © Thomas Rousing, Visit Copenhagen; S. 43 – Veranstaltungen: DAS | DAGA 2025, Tivoli © Visit Copenhagen; S. 43 – Veranstaltungen: DAS | DAGA 2025, Pastry © Visit Copenhagen; S. 43 – Veranstaltungen: DAS | DAGA 2025, Bella Center, Hall © Signe Schønemann, Bellacenter; S. 49 – DEGA: Fachausschuss Bau- und Raumakustik © mit freundlicher Genehmigung der Firma Müller-BBM GmbH; S. 50 – DEGA: Fachausschuss Elektroakustik © U.P.images / fotolia.com; S. 50 – DEGA: Fachausschuss Elektroakustik, Teilnehmer:innen Herbsttreffen © Marleen Gaiser, Fa. Fohhn, Nürtingen; S. 50 – DEGA: Fachausschuss Lärm: Wirkungen und Schutz © A.F.X. Süß, Berlin, Copyright DEGA e. V.; S. 51 – Fachausschuss Lehre der Akustik © kasto / fotolia.com; S. 51 – DEGA: Fachausschuss Physikalische Akustik © SAM, TU Darmstadt

XL3

SCHALLPEGELMESSER

KLASSE 1



Terz- & Oktavspektrum

Raumakustik & Bauakustik mit
Auswertung direkt im Gerät

STIPA Sprachverständlichkeit

Autarke Lärmüberwachung als
Gesamtlösung



NTi Audio GmbH · Essen, Deutschland
+49 201 6470 1900 · de@nti-audio.com
www.nti-audio.com

Schallintensitätsmessung

Schallleistung nach ISO 9614-1/-2

Schalldämmung nach ISO 15186-2

Schallquellenlokalisierung

