

Nr. 03/ Oktober 2021

AKUSTIK JOURNAL



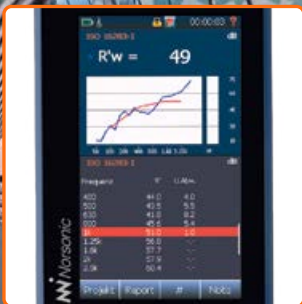
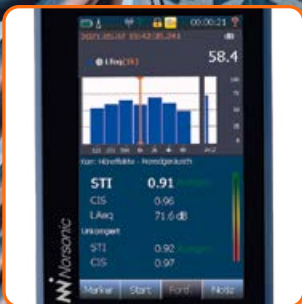
Hermann von Helmholtz – zum 200. Geburtstag ■ Geräuschwirkungen bei der Nutzung von Wind-
energie an Land ■ Der Balanceakt des räumlichen Gehörs ■

Ehrungen der DEGA 2021 ■ 14. DEGA-Symposium ■ International Year of Sound 2020–2021 ■

DEGA-Akademie-Kurse 2021/2022 ■ DEGA-Mitgliederversammlung ■ DEGA-Preis für Kommuni-
kationsräume: erster Preisträger ■ DAGA 2022 in Stuttgart ■



- ✓ Allgemeine Pegelmessung
- ✓ Schallimmissionsschutz
- ✓ Lärmmonitoring
- ✓ Nachhallzeit
- ✓ Sprachverständlichkeit
- ✓ Schalldämmung
- ✓ Arbeitsschutz
- ✓ Schalleistung
- ✓ Maschinenakustik
- ✓ LowNoise
- ✓ Vibration



Editorial

2021 – DAGA-Tagung während der Pandemie

Liebe Leserinnen und Leser,

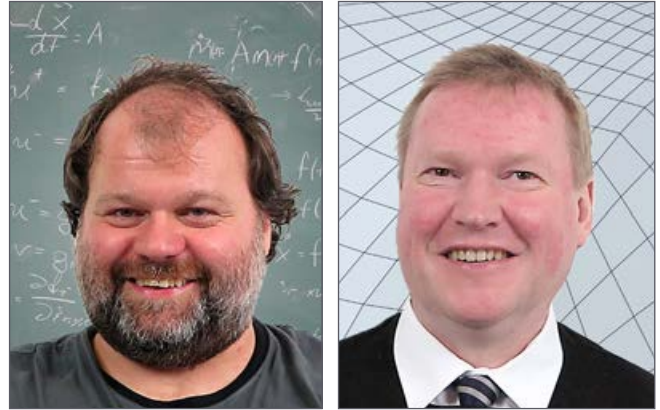
im Zeitraum von 15. bis zum 18. August 2021 fand die DAGA Tagung in der Messe in Wien statt. Damit war endlich nach einer Lücke von 2,5 Jahren wieder ein Treffen der deutschsprachigen Akustikerinnen und Akustiker möglich. Eine DAGA außerhalb Deutschlands ist prädestiniert dafür, Verbindungen über die Grenzen hinweg zu knüpfen. Hierfür ist eine Präsenzteilnahme wesentlich, mehr noch als bei anderen DAGAs. Natürlich ist so eine Konferenz auch geeignet, neue Städte in Europa kennen zu lernen. Dies trifft auch auf Wien zu, da die letzte DAGA hier vor 31 Jahren stattgefunden hat.

Veranstalter der DAGA waren die DEGA und das Institut für Schallforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, begleitet von der Österreichischen Gesellschaft für Akustik (OeGA-AAA) und dem Österreichischen Arbeitsring für Lärmbekämpfung (ÖAL).

Die Pandemie, die die vorhergehende DAGA-Tagung verhindert hat, hat auch die Planung im Jahr 2021 immens erschwert. Insbesondere war eine Langzeitplanung unmöglich, und oft war unklar, ob und wie die DAGA 2021 stattfinden kann. Entgegen mancher Einwände hat sich das Organisationsteam entschieden, möglichst lange die Option für eine physische Konferenz offen zu halten. Das hat einiger Anpassungen sowie enormer Planungsarbeit bedurft, wodurch das deutsch-österreichische Team eng zusammengewachsen ist.

Mit der Verschiebung in den August konnte die Tagung in ein Zeitfenster gelegt werden, in dem die Tagung (wie erhofft) mit erträglichen Auflagen und wenig Risiko durchgeführt werden konnte. Es war uns wichtig, eine physische Konferenz zu veranstalten, um sich endlich wieder treffen zu können, wo aber auch die Corona-Situation sehr ernst genommen wird. Daher wurde ein Hygienekonzept erarbeitet, welches über den Mindestanforderungen lag. Die Genehmigung erfolgte erst kurz vor der Tagung, weshalb die Durchführbarkeit lange in der Schwebe stand. Das Konferenzzentrum bot genügend Platz für die DAGA-Tagung. Aufgrund der reduzierten Anzahl an vor Ort Teilnehmenden konnte problemlos die Besetzung im „Schachbrettmuster“ erfolgen, wobei nur jeder zweite Sitzplatz besetzt wurde. Das Betreten der Tagungsräumlichkeiten erforderte den Nachweis gemäß der 3G-Regel (geimpft, genesen oder getestet). Eine weitere Maßnahme zum Schutz der vor Ort teilnehmenden Personen war das permanente Tragen einer Schutzmaske und ein Einbahnsystem für den Wechsel zwischen den Räumen. Daneben standen an allen Knotenpunkten Desinfektionsspender zur Verfügung.

Eine besondere Herausforderung stellte die hybride Lösung dar, die zur Einbindung der Online-Teilnehmenden erforderlich war (und im schlimmsten Fall zumindest eine Online-DAGA ermöglicht hätte). Es handelte sich dabei um die erste Hybridtagung auf dem Gebiet der Akustik weltweit. Hierfür waren



*Peter Balazs & Holger Waubke
Tagungsleiter der DAGA 2021 in Wien*

über 30 Laptops und 14 Mischpulte, Lautsprecher und viele Mikrophone sowie Personal für die Bedienung der Anlagen erforderlich. Im Großen und Ganzen gibt es zwar viele Anregungen für die Zukunft, aber die DAGA 2021 war aus unserer Sicht erfolgreich. Es nahmen 700 Personen vor Ort und weitere 350 Personen online an der Tagung teil.

Eine hybride Tagung bietet auch neue Möglichkeiten. So gibt es die Möglichkeit eines Online-Vortrags oder eines Online-Posters. Die Vorträge wurden vor der Tagung aufgezeichnet und während der DAGA abgespielt. Dies war notwendig, da sich bei anderen Online-Tagungen gezeigt hat, dass ein Online-Vortrag „live“ zu viele Risiken birgt. So kommt es zu Ausfällen aufgrund von Problemen mit der Verbindung oder zu unverständlichen Vorträgen aufgrund der verwendeten Mikrophone. Die Online-Poster wurden in den Konferenzsälen kurz vorgestellt und anschließend zur Diskussion freigegeben. Eine neue Form der Werbung ist die Online-Firmenausstellung. Sie erspart es den Firmen, Personal zu den Tagungen zu entsenden sowie den Auf- und Abbau des Messestandes vor Ort.

Es stellt sich die Frage über die Zukunft hybrider Tagungen. Für die DAGA handelt es sich in nächster Zeit vermutlich um eine Übergangslösung, solange die Pandemie andauert. Für internationale Tagungen handelt es sich sicherlich um eine Alternative, Flüge, die mit hohen Kosten und einem hohen CO₂-Ausstoß verbunden sind, zu reduzieren. Allerdings ist ein wichtiger Punkt bei allen Konferenzen – und insbesondere noch mehr bei der DAGA – das Treffen, das Kennenlernen, das Diskutieren. Wir hoffen, dass das bald wieder (weitgehend) unbelastet möglich ist, und freuen uns darauf, Sie (wieder) bei einer DAGA zu sehen,

Holger Waubke und Peter Balazs

Inhalt

Akustik Journal Nr. 03 / Oktober 2021

- **5 Aktuelles**
- **7 Fachartikel**
 - 7 **Hermann von Helmholtz – zum 200. Geburtstag**
Peter Költzsch, Martin Klemenz
 - 16 **Geräuschwirkungen bei der Nutzung von Windenergie an Land**
Sebastian Schmitter, Alexander Alaimo Di Loro, Christoph Pörschmann, Johannes M. Arend, Stephan Großarth, Dirk Schreckenberger
 - 31 **Der Balanceakt des räumlichen Gehörs**
Robert Baumgartner
- **37 Ehrungen der DEGA**
 - 37 **Preisträgerinnen und Preisträger 2021**
 - 38 Laudatio für Prof. Karlheinz Brandenburg
 - 39 Laudatio für Dr. Anita Schulz
 - 40 Laudatio für den DEGA-Preis für Kommunikationsräume und Projektvorstellung
- **42 Menschen**
 - 42 **Ehrungen und Gratulationen**
- **43 Veranstaltungen**
 - 43 **Veranstaltungshinweise**
 - 43 Euronoise 2021
 - 43 DEGA-Akademie: Kurs „DEGA-Schallschutzausweis“
 - 43 14. DEGA-Symposium „Interaktive Auralisierung für die Planung von Räumen“
 - 44 DEGA-Akademie: Kurs „Strömungsakustik 1 – Grundlagen, Auslegungen und Anwendungen“
 - 44 DEGA-Akademie: Kurs „Strömungsakustik 2 – Theorie, numerische Verfahren und Anwendungen“
 - 45 DEGA-Akademie: Kurs „Bauakustik – von den Grundlagen zur Anwendung“
 - 46 **Vorschau**
 - 46 DAGA 2022
 - 48 **Veranstaltungskalender**
- **49 DEGA**
 - 49 **Nachrichten und Mitteilungen aus der Fachgesellschaft**
 - 49 Protokoll der Mitgliederversammlung
 - 51 Neue Mitglieder des DEGA-Vorstandsrats gewählt
 - 52 Wahlausschreibung für drei Wahlen im Frühjahr 2022
 - 53 **Fachausschüsse / Fachgruppen**
 - 57 **Fachausschüsse und Fachgruppen der DEGA stellen sich vor: FA Lärm: Wirkungen und Schutz**
 - 58 **Mitglieder / Fördermitglieder**
- **60 Normen / Richtlinien**
 - 60 **Neue Regelwerke zu den Themen Akustik und Lärmminderung (Juni 2021 – Sept. 2021)**
- **62 Publikationen**
 - 62 **Zeitschriften, Tagungsbände, Empfehlungen und Memoranden, Broschüren etc.**
 - 64 **Buchrezension**
- **65 Aus der Industrie**
- **66 Impressum**

Aktuelles

Nachrichten aus der Akustik

■ DAGA 2022: 48. Jahrestagung für Akustik



Die 48. Jahrestagung für Akustik wird vom 21.–24.03.2022 in Stuttgart stattfinden.

Alle Informationen zur Tagung (Termine, Anmeldung, Programm und Ausstellung) finden Sie auf den Seiten 46f oder unter <https://www.daga2022.de>. ■

■ DAGA 2021: Tagungsband veröffentlicht

Die Manuskripte zu den Vorträgen und Postern der Wiener DAGA stehen ab sofort hier zur Verfügung:

<https://www.dega-akustik.de/publikationen/online-proceedings>

Alle Teilnehmenden erhalten die Zugangsdaten per E-Mail, alternativ können diese bei der DEGA angefragt werden. ■

■ Euronoise 2021



Vom 25. bis 27. Oktober 2021 wird der "European Congress and Exposition on Noise Control Engineering" stattfinden. Weitere Informationen finden Sie auf S. 43 oder unter <http://www.spacustica.pt/euronoise2021/index.html>. ■

■ Zuschüsse für Studierende zur DAGA 2022 (DEGA Student Grants)

Die DEGA vergibt auch im kommenden Jahr wieder „DEGA Student Grants“ zum Besuch der Tagung DAGA 2022 in Stuttgart, um jungen Akustikerinnen und Akustikern die Teilnahme zu erleichtern. Die Grants umfassen die freie Tagungsteilnahme, einen Reisekostenzuschuss von 250 € (bei einer Teilnahme vor Ort) und eine einjährige DEGA-Mitgliedschaft. Studierende, die zur DAGA 2022 einen Vortrag oder ein Poster eingereicht haben, können sich bis **Montag, den 15. November 2021** 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 10 pt). Über die Vergabe entscheidet der Vorstand der DEGA.

Es können sich einerseits Studierende (Bachelor, Master, Diplom, Magister o. ä., Nachweis bitte beifügen, keine Ph.D.) bewerben und andererseits Absolventen, bei denen die Abschlussurkunde nicht älter als ein halbes Jahr ist; d. h. nach dem 15.05.2021 ausgestellt wurde (Nachweis bitte beifügen). ■

■ International Year of Sound 2020–2021



Das Jahr 2021 steht wie schon 2020 unter dem Motto „International Year of Sound“. Eine Übersicht über Motivation, Initiativen und Termine finden Sie auf der Seite <https://sound2020.org>.

Auch die DEGA beteiligt sich am International Year of Sound 2020–2021 mit eigenen Veranstaltungen und Publikationen; bitte beachten Sie vor allem das 14. DEGA-Symposium „Interaktive Auralisierung für die Planung von Räumen“, siehe S. 43.

Weiterhin sei auf frühere Publikationen der DEGA hingewiesen, siehe

<https://www.dega-akustik.de/sound2020>:

- YouTube-Videos „Noisella lehrt Akustik“ (Infoserie für Kinder)
- YouTube-Video „Faszination Akustik – eine Reise durch die Welt des Schalls“ anlässlich des 50-jährigen

DAGA-Jubiläums

- YouTube-Video „So klingt meine Welt“ aus den Einsendungen zum gleichnamigen Wettbewerb für Schülerinnen und Schüler im Jahr 2019
- YouTube-Videos vom 13. DEGA-Symposium am 25.09.2020 unter dem Motto „Akustik verbindet“
- Tagungsband zur Jahrestagung DAGA 2021
- Tagungsband zur Jahrestagung DAGA 2020 inklusive eines Sonderteils zum 50-jährigen Tagungs-Jubiläum
- Pressemitteilungen zur Verleihung des DEGA-Preises für Kommunikationsräume und des DEGA-Lärmschutzpreises
- Pressemitteilung der DEGA zum International Year of Sound
- Editorial „2020 – das Internationale Jahr des Sounds“ im Akustik Journal, Ausgabe 01/20 ■

■ 14. DEGA-Symposium



Unter dem Motto „Interaktive Auralisierung für die Planung von Räumen“ findet das 14. DEGA-Symposium vom 12. bis 13. November 2021 in Berlin statt. Verantwortlich für das Programm ist der Fachausschuss Virtuelle Akustik der DEGA. Weitere Informationen zum Symposium erhalten Sie auf S. 43 oder unter <https://www.dega-akustik.de> ■

■ DEGA-Akademie

Kurs „DEGA-Schallschutzausweis“
12.11.2021, online

Kurs „Strömungsakustik 1 – Grundlagen, Auslegungen und Anwendungen“
21.–22.02.2022, online

Kurs „Strömungsakustik 2 – Theorie, numerische Verfahren und Anwendungen“
23.02.–24.02.2022, online

Kurs „Bauakustik – von den Grundlagen zur Anwendung“
16.–18.05.2022, Braunschweig

Ausführliche Informationen zum jeweiligen Kurs finden Sie auf Seite 43ff oder unter <https://www.dega-akustik.de>. ■



Room Acoustics Software

Make better spaces

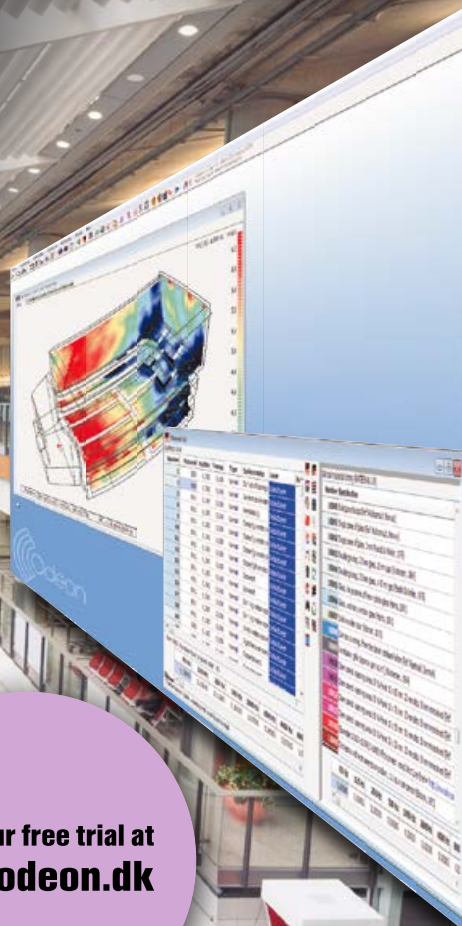
with the complete software solution for room acoustics

Elegant and user friendly interface

Fast and reliable simulations and measurements

Available as: **B** Basics, **I** Industrial, **A** Auditorium & **C** Combined

Start your free trial at
www.odeon.dk



Hermann von Helmholtz – zum 200. Geburtstag

Eine Würdigung des „Intellectual Giant“

Peter Költzsch, Martin Klemenz

Am 31. August 2021 jährte sich der Geburtstag von Hermann von Helmholtz zum 200. Mal. Aus diesem Anlass soll der folgende Artikel einen Einblick in die außergewöhnlichen Leistungen dieses Forschers geben. Vor allem werden dabei seine Erkenntnisse für das Fachgebiet der Akustik herausgestellt.

Größtenteils handelt es sich hierbei um Auszüge aus dem ersten Heft der DEGA-Schriftenreihe „Geschichte der Akustik“ [1], in dem ein ganzes Kapitel Helmholtz gewidmet ist.

Einführung

Hermann von Helmholtz fasziniert noch heute, neben seiner Universalität im Bereich der Physiologie und Physik vor allem durch seine wissenschaftlichen Ergebnisse mit grundsätzlichem Charakter.

Zu Beginn seien zwei Zitate erwähnt. Albert Wan-

Abb. 1: Hermann von Helmholtz (Portrait 1894),
Quelle: Wikimedia Commons.



Hermann von Helmholtz – on the occasion of his 200th birthday

The 31 August 2021 marked the 200th anniversary of Hermann von Helmholtz's birth. To honour this occasion, the following article will provide an insight into the extraordinary achievements of this researcher. Above all, his findings for the field of acoustics will be highlighted.

The majority of this article is composed of excerpts from the first issue of the DEGA publication series "Geschichte der Akustik" (History of Acoustics) [1], in which an entire chapter is dedicated to Helmholtz.

gerin (deutscher Mathematiker, von 1906 bis 1921 Präsident der Leopoldina, d. h. der Kaiserlichen Leopoldinischen Carolinischen Akademie der Naturforscher) schrieb 1896: „Helmholtz ... gehörte zu den größten und tiefsten Forschern aller Zeiten, zu denen, die der Wissenschaft neue Bahnen gewiesen haben.“ Und ein Zeitgenosse von Helmholtz, James Clerk Maxwell (schottischer Physiker, bekannt u. a. durch die Maxwell-Gleichungen), merkte an: Helmholtz – „the intellectual giant“!

Helmholtz war Forscher, Universitätsprofessor und Wissenschaftsorganisator. Die Liste seiner originären Leistungen in der Wissenschaft enthält u. a. die Reizleitungsgeschwindigkeit, den Augenspiegel, das Farbsehen und die räumliche Vorstellung, die Lösung meteorologischer Probleme, das Energieprinzip, Arbeiten zu den Hauptsätzen der Thermodynamik, das Prinzip der kleinsten Wirkung, Arbeiten zur Maxwell-Theorie in der Elektrodynamik, zum Verhältnis von Physik, Physiologie und Erkenntnistheorie, zur Ganzheit der Wissenschaft und zum Verhältnis zwischen Wissenschaft und Kultur. Von ihm stammen in der Akustik Arbeiten zur Klangfarbenanalyse, zur Theorie der Kombinationstöne, die Resonanztheorie des Hörens, und dann insbesondere die Arbeiten zu fundamentalen Gleichungen der Akustik und Strömungsmechanik (zur Wellengleichung, zum Greenschen Satz und der daraus folgenden Integralgleichung für Feldprobleme, zum Reziprozitätsgesetz, die Wirbelsätze und der Helmholtzsche Satz der Vektoranalysis und schließlich seine Arbeiten zur Ähnlichkeitsmechanik).

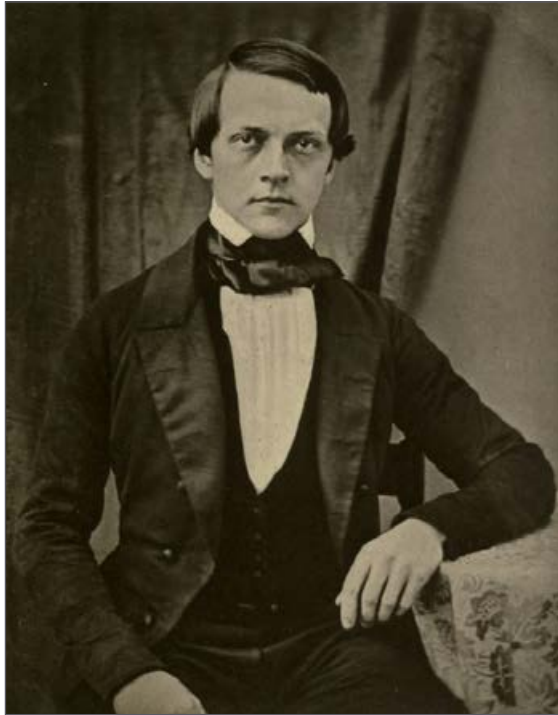


Abb. 2: Hermann von Helmholtz im Jahre 1848, Quelle: Wikimedia Commons.

Werdegang und Lebenslauf

Hermann von Helmholtz wurde vor 200 Jahren am 31. August 1821 in Potsdam geboren. Er starb am 8. September 1894 in Berlin. Er war Naturforscher, Arzt, Physiologe, Physiker, aber auch Mathematiker und Philosoph.

Helmholtz studierte ab 1838 Medizin am „Medicisch-chirurgischen Friedrich-Wilhelm-Institut“ in Berlin. Zu seinen Lehrern gehörten vor allem der Physiologe Johannes Müller und der Physiker Gustav Magnus. 1842 promovierte Helmholtz zum Doktor der Medizin, war dann als Militärarzt in Potsdam tätig und ab 1848 als Assistent am anatomischen Museum in Berlin und Anatomielehrer an der Berliner Kunstakademie. 1849 erhielt er eine Professur für Physiologie und Anatomie (Pathologie) an der Universität Königsberg. Dort habilitierte er sich 1852 mit der Abhandlung „Ueber die Theorie der zusammengesetzten Farben“. Seinen Habilitationsvortrag hielt er am 28. Juni 1852 zum Thema „Über die Natur der menschlichen Sinnesempfindungen“. 1855 folgte er einem Ruf an die Universität Bonn; er lehrte dort Anatomie und Physiologie.

1858 erhielt er die Professur für Physiologie an der Universität Heidelberg. Diese Zeit war gemeinsam mit dem Chemiker Robert Bunsen und dem Physiker Gustav Kirchhoff außerordentlich fruchtbar für die Naturwissenschaften, bei Helmholtz insbesondere für die Physiologie. In der Folgezeit lehnte Helmholtz zahlreiche Rufe auf bedeutende Lehrstühle ab: 1865 Universität Wien, 1868 Universität Bonn, 1871



Abb. 3: Hermann von Helmholtz im Jahre 1881, Gemälde von Ludwig Knaus (1829–1910), Quelle: Wikimedia Commons.

Cambridge. Schließlich folgte er 1871 einem Ruf als Professor für Physik an die Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlin (als Nachfolger seines Lehrers Gustav Magnus). Von 1877 bis 1878 übte er das Amt des Rektors der Berliner Universität aus; im Zeitraum nach 1876 entstand das neue Physikalische Institut der Berliner Universität am Reichstagsufer in Berlin. Am 28. Januar 1883 wurde ihm durch den Deutschen Kaiser Wilhelm I. der erbliche Adelstitel verliehen. Von 1888 bis 1894 fungierte er als erster Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin. Helmholtz war von 1849 bis 1859 mit Olga von Velten verheiratet; aus dieser Ehe gingen zwei Kinder hervor. Nach dem Tode seiner Frau heiratete er 1861 Anna von Mohl; mit ihr hatte er drei Kinder. Seine Frau Anna organisierte in Berlin einen Salon als „Treff der geistigen Elite Berlins“. Helmholtz starb am 8. September 1894 in Berlin.

Zur Charakterisierung von Helmholtz und seiner wissenschaftlichen Arbeit werden einige Zitate aus der nachdenklichen Tischrede von Helmholtz anlässlich der Feier seines 70. Geburtstages 1891 in Berlin angefügt (aus [2]):

„Ich stürzte mich mit Freude und großem Eifer auf das Studium aller physikalischen Lehrbücher, die ich in der Bibliothek meines Vaters fand. Es waren sehr altmodische Ich muss gestehen, dass ich manches Mal, wenn die Klasse Cicero oder Virgil las, welche beide mich

höchst langweilten, unter dem Tische den Gang der Strahlenbündel durch Teleskope berechnete und dabei schon einige optische Sätze fand, von denen in den Lehrbüchern nichts zu stehen pflegte“

„Dieser Trieb, den ursächlichen Zusammenhang der Erscheinungen zu entdecken, hat mich durch mein Leben geführt, und seine Intensität war auch wohl daran Schuld, dass ich keine Ruhe bei scheinbaren Auflösungen eines Problems fand, so lange ich noch dunkle Punkte darin fühlte.“

„Nun sollte ich zur Universität übergehen. Die Physik galt damals noch für eine brodlose Kunst. Meine Eltern waren zu großer Sparsamkeit gezwungen; also erklärte mir der Vater, er wisse mir nicht anders zum Studium der Physik zu helfen, als wenn ich das der Medicin mit in den Kauf nähme.“

„Diese Arbeiten genügten, um ... mir den Ruf ... nach Berlin und gleich darauf den an die Universität Königsberg zu verschaffen. Die militärärztlichen Behörden willigten in dankenswerther Liberalität in die Aufhebung meiner Verpflichtung zu weiterem Militärdienst, um mir den Uebergang in eine wissenschaftliche Stellung möglich zu machen.“

„Auch bin ich im Stande gewesen, einige mathematisch-physikalische Probleme zu lösen, und darunter sogar solche, an welchen die großen Mathematiker seit Euler sich vergebens bemüht hatten, z. B. die Fragen über die Wirbelbewegungen und die Discontinuität der Bewegung in Flüssigkeiten, die Frage über die Schallbewegung an den offenen Enden der Orgelpfeifen u.s.w. Aber der Stolz, den ich über das Endresultat in diesen Fällen hätte empfinden können, wurde beträchtlich herabgesetzt dadurch, dass ich wohl wusste, wie mir die Lösungen solcher Probleme fast immer nur durch allmählich wachsende Generalisationen von günstigen Beispielen, durch eine Reihe glücklicher Einfälle nach mancherlei Irrfahrten gelungen waren. Ich musste mich vergleichen einem Bergsteiger, der, ohne den Weg zu kennen, langsam und mühselig hinaufklimmt, oft umkehren muss, weil er nicht weiter kann, der bald durch Ueberlegung, bald durch Zufall neue Wegspuren entdeckt, die ihn wieder ein Stück vorwärts leiten, und endlich, wenn er sein Ziel erreicht, zur seiner Beschämung einen königlichen Weg findet, auf dem er hätte herauffahren können, wenn er gescheidt genug gewesen wäre, den richtigen Anfang zu finden. In meinen Abhandlungen habe ich natürlich den Leser dann nicht von meinen Irrfahrten unterhalten, sondern ihm nur den gebahnten Weg beschrieben, auf dem er jetzt ohne Mühe die Höhe erreichen mag.“

„Der Staat, der mir Unterhalt, wissenschaftliche Hilfsmittel und ein gut Theil freier Zeit gewährte, hatte meines Erachtens dadurch ein Recht zu verlangen, dass ich in geeigneter Form Alles, was ich mit seiner Unterstützung gefunden hatte, frei und vollständig meinen Mitbürgern mittheile.“

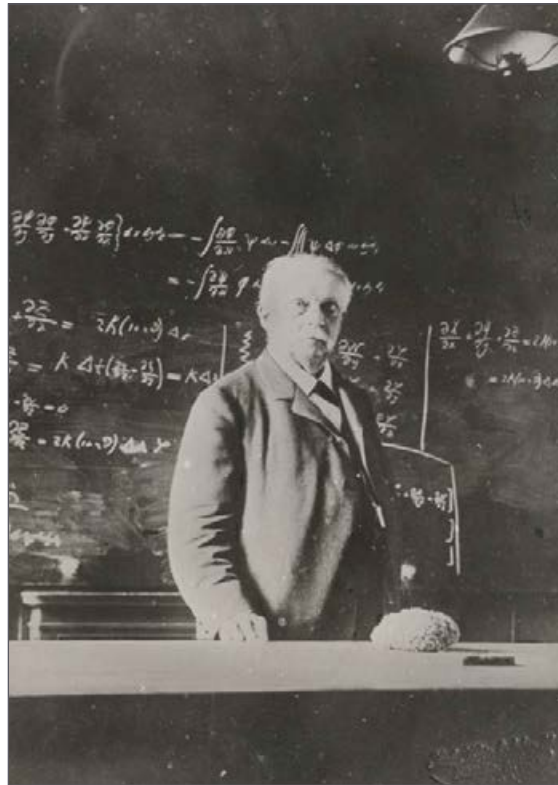


Abb. 4: Hermann von Helmholtz während seiner letzten Vorlesung am 7. Juli 1894 im kleinen Hörsaal des Physikalischen Instituts in Berlin, Quelle: Universitätsarchiv Heidelberg (mit freundlicher Genehmigung).

Helmholtz als Forscher und Wissenschaftsorganisator

Die Forschungsgebiete von Helmholtz entwickelten sich von der Medizin über die Physiologie und Mathematik hin zur Physik, Musik und Philosophie. Sein Überblick über die Fachgebiete Physiologie und Physik war universal; seine Verknüpfungen zwischen beiden Gebieten, einschließlich der Mathematik, brachten originäre, geniale wissenschaftliche Erkenntnisse. Er schreibt dazu 1868: „Die Physik war eigentlich von jeher die Wissenschaft, der sich mein Interesse hauptsächlich zugewendet hat. Was ich in der Physiologie hauptsächlich geleistet hatte, basiert wesentlich auf physikalischem Boden.“

Und Gotthilf-Eugen Goldstein (deutscher Physiker, Entdecker der Kanalstrahlen) erinnert sich 1921: „Ich habe keinen Lehrer gehabt, der mit größerer Gewissenhaftigkeit und Hingabe den übernommenen Aufgaben auch im Laboratoriumsunterricht nachkam, als Helmholtz. Er erschien im Laboratorium täglich um 10 Uhr und blieb, abgesehen von der Kollegstunde, dort bis 4 Uhr.“

1876/1878 wird das modernste und kostspieligste Physikalische Institut der damaligen Zeit am Reichstagsufer in Berlin gebaut und eingeweiht, der sog. „Palast der Physik“. Im gleichen Gebäude war auch das Physiologische Institut von Emil du Bois-Reymond, einem Kommilitonen von Helmholtz aus der

Berliner Studienzeit, untergebracht. 1886 sagte der irische Physiker und Akustiker John Tyndall zu dem neuen Helmholtzschen Physikinstitut in Berlin: „Sie werden im Berliner Laboratorium alle diejenigen Dinge vorfinden, von denen meine amerikanischen und britischen Freunde sowie ich selbst wünschen, daß sie in den Laboratorien aller Colleges und Universitäten Amerikas und des Britischen Empires zur Verfügung stünden.“ Auf dem Grundstück dieses (nicht mehr existierenden) Gebäudes steht übrigens heute das neue ARD-Hauptstadtstudio.

Ab 1888 war Helmholtz Präsident der neu gegründeten Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin Charlottenburg (Vorläufer der heutigen Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig). Diese Institution kombinierte Grundlagenforschung und angewandte Forschung bis hin zu technischen Entwicklungsarbeiten, dazu metrologische Dienstleistungen sowie erstklassige Entwicklung, Pflege und Prüfung der metrologischen Normale und Standards. Helmholtz war von 1878 bis 1894 Präsident der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. Er wurde auch als Vertreter Deutschlands zu elektrotechnischen Kongressen in Paris und Chicago gesandt, wo vor allem auch großindustrielle und internationale Interessen Deutschlands zu vertreten waren.

Arbeitsgebiete von Helmholtz

- Physiologie: Ursprung der Nervenfasern aus Ganglienzellen (Dissertation 1842), Fäulnis- und Gärungsprozesse sowie Stoffwechselvorgänge bei der Muskelkontraktion, Experimenteller Nachweis der Reizleitungsgeschwindigkeit
- Physiologische Optik: Erfindung des Augenspiegels (von größter Bedeutung in der Augenheilkunde), Anwendung der geometrischen Optik auf die optischen Phänomene im menschlichen Auge (auf mathematisch-physikalischer Grundlage), Young-Helmholtz-Theorie des Farbsehens, Theorie der räumlichen Vorstellung, Werk „Handbuch der Physiologischen Optik“ (3 Bände, 1856–1867)
- Physiologische Akustik: Klangfarbenanalyse, Theorie der Kombinationstöne, Resonanztheorie des Hörens, Helmholtz-Resonatoren, Werk „Die Lehre von den Tonempfindungen“ (1863)
- Meteorologie: Arbeiten zu meteorologischen Problemen (Gewitter, Luft- und Wasserwellen, Gletscher, Wirbelstürme), Begründer der wissenschaftlichen Meteorologie
- Physik: Arbeiten zum Energieprinzip, zu den Hauptsätzen der Thermodynamik, das Prinzip der kleinsten Wirkung, zur Strömungsmechanik und Akustik, zur Ähnlichkeitsmechanik, Lehrbuch der

SPEKTRA
Ready for TESTelligence!

Kalibrierdienstleistungen für Audiometrie und Akustik.

NEU:
Dienstleistungs-
finder jetzt
testen!

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

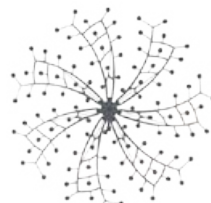
- höchstes Niveau im DAkkS-akkreditierten Kalibrierlabor
- Druck- und Freifeldkalibrierungen
- Eichung von Schallpegelmessern als Rundum-Service

www.spektra-dresden.com/akustik



ab 9.900€

Neu! SoundCam Bionic
Modulares System
Von 28 cm bis 1,7m
Echtzeitergebnisse am Gerät
Eingebauter Akku



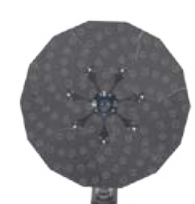
BIONIC L



BIONIC M



BIONIC S



BIONIC XS

CAE Software und Systems GmbH

Tel.: +49 5241/21142-0 | Fax: +49 5241/21142-29

info@cae-systems.de | www.cae-systems.de

CAE
Software & Systems

Theoretischen Physik (6 Bände, posthum von seinen Schülern herausgegeben)

- Elektrodynamik: Arbeiten zur Maxwell-Theorie, Anregung für Heinrich Hertz zum experimentellen Nachweis der elektromagnetischen Wellen
- Philosophie: zur Erkenntnistheorie, zum Verhältnis von Physik, Physiologie und Erkenntnistheorie, zur Ganzheit der Wissenschaft (wahrscheinlich wurde der Begriff der „Geisteswissenschaften“ für die philologischen, historischen und philosophischen Wissenschaftsdisziplinen von Helmholtz geprägt), Helmholtz als Vermittler zwischen den Natur- und Geisteswissenschaften, zum Verhältnis zwischen Wissenschaft und Kultur, philosophische und ästhetische Implikationen der Wissenschaft

Arbeiten zur Akustik und zur Strömungsmechanik

Bereits während seiner Königsberger Zeit muss Helmholtz ab etwa 1850 über akustisch-physiologische Probleme nachgedacht haben. Seine Habilitationsschrift „Ueber die Theorie der zusammengesetzten Farben“ leitet er mit den Worten ein: „Die Lichtstrahlen verschiedener Wellenlänge und Farbe unterscheiden sich in ihrer physiologischen Wirkung dadurch wesentlich von den Tönen verschiedener Schwungsdauer und musikalischer Höhe, dass je zwei der ersteren, gleichzeitig auf die Nervenfasern einwirkend, eine einfache Empfindung hervorbringen, aus welcher auch das geübteste Sinnesorgan nicht mehr die einzelnen zusammensetzenden Elemente erkennen kann, während zwei Töne durch ihr Zusammenwirken zwar die eigentümlichen Empfindungen der Harmonie und Disharmonie erzeugen, aber dabei doch stets vom Ohre einzeln empfunden und erkannt werden.“

Zusammenhängende akustisch-physiologische Forschungen beginnen um 1855, während seiner Tätigkeit an der Universität in Bonn. Die Ergebnisse sind in dem 1863 in Braunschweig erstmals erschienenen Buch „Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik“ [3] dargestellt worden (siehe Abb. 5). Die zweite Auflage erschien bereits 1864; die dritte, umgearbeitete Auflage erschien 1870. Das Buch erreichte 1913 die sechste Auflage; bereits 1877 war es erstmals ins Englische übersetzt worden.

Helmholtz schreibt zur Erarbeitung der Erstauflage an den niederländischen Physiologen Frans Cornelis Donders 1860: „Ich habe mich daran gemacht, meine akustischen Arbeiten zusammenzuschreiben; es soll daraus ein kleines Buch von möglichst populärer Haltung werden, um es auch den Musikliebhabern zugänglich zu erhalten, weil ich meine, auch die physikalisch-physiologische Begründung der Harmonielehre darin niederlegen zu können.“

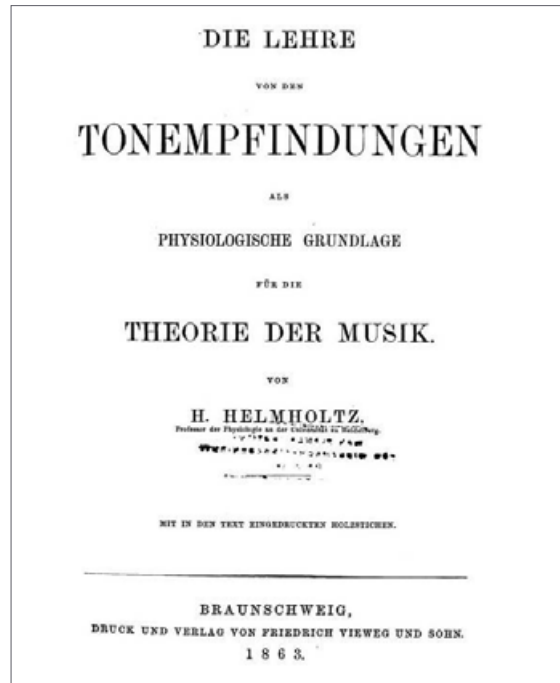


Abb. 5: Titel des Buches „Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik“ (1. Auflage, 1863), Quelle: Bibliothek Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte Berlin (mit freundlicher Genehmigung).

Aus der Vorrede zur 1. Auflage:

„Indem ich die Früchte achtjähriger Arbeit der Öffentlichkeit übergebe, habe ich zugleich noch eine Pflicht der Dankbarkeit zu erfüllen. Die vorliegenden Untersuchungen erforderten zu ihrer Vollendung die Beschaffung von neuen Instrumenten, welche nicht wohl für das Inventarium eines physiologischen Instituts paßten, und deren Kosten die gewöhnlichen Hilfsmittel eines deutschen Gelehrten überstiegen. Mir sind die Geldmittel dazu durch außergewöhnliche Bewilligungen zugeflossen

Ich hoffe, daß noch besser als Dankesworte der Verlauf der vorliegenden Untersuchungen zeigen möge, wie ich ernstlich bemüht gewesen bin, die mir gewährten Hilfsmittel fruchtbar zu verwerten.“ (Heidelberg, Oktober 1862)

Aus dem Vorwort zur 5. Auflage, 1895 von Richard Wachsmuth (deutscher Experimentalphysiker, 1868–1941):

„Freilich hat die Wissenschaft neuerdings in mehreren hier in Betracht kommenden Einzelfragen bedeutende Fortschritte gemacht. ... Die Aufnahme dieser Änderungen hätte jedoch den Umsturz großer Teile des alten Textes erfordert. Eine solche Umgestaltung seiner Arbeit hätte aber nur der Meister selbst geben dürfen. Werke, die so tief, wie das vorliegende, in die Geschichte der Wissenschaft eingeschnitten und nach den verschiedensten Seiten hin epochemachend gewirkt haben, tragen in sich das Recht, als hehre historische Denkmale in ihrer ursprünglichen Form bewahrt zu werden.“

Außerdem aber vermögen alle diese Fortschritte höchstens manche Einzelheiten der Darstellung zu modifizieren, doch ändern sie in keiner Weise die großen grundlegenden Theorien über die Reizung der Nerven und die Übertragung des Schalles und den ganzen herrlichen Aufbau einer physikalischen Theorie des Klanges.“

Mit diesen Forschungen und diesem Buch wurde Helmholtz zum Begründer der modernen hörphysiologischen und akustisch-musikalischen Forschung. Seine tatsächlichen Leistungen für die Akustik gehen aber weit über die audiologischen und musikalischen Fragestellungen hinaus. Einen guten Überblick über die Forschungsergebnisse von Helmholtz erhält man, wenn man die heute noch mit seinem Namen verknüpften wissenschaftlichen Erkenntnisse auflistet. In der folgenden Aufzählung werden einige dieser Begrifflichkeiten erwähnt; ausführliche Erläuterungen hierzu finden sich in [1]:

■ HELMHOLTZ-Gleichung der Akustik

Die allgemeine Schalldruck-Wellengleichung kann unter der Annahme eines zeitlichen Schalldruckverlaufs aus sinus-/cosinusförmigen Anteilen wie folgt dargestellt werden:

$$\Delta p + k^2 p = 0$$

Abb. 6: Abbildung eines kugel- und eines zylinderförmigen Resonators in „Die Lehre von den Tonempfindungen ...“, Quelle: Bibliothek Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte Berlin (mit freundlicher Genehmigung).



(mit Δ = Laplace-Operator, p = komplexe Schalldruckamplitude, $k = 2\pi f/c$ = Wellenzahl)

Diese (vereinfacht dargestellte) Helmholtz-Gleichung sowie die davon abgeleitete Helmholtz-Integralgleichung stellen die Basis für akustische Feldberechnungen dar, auf der praktisch alle modernen numerischen Verfahren (Finite-Elemente-Methode, Randelementmethode etc.) beruhen.

■ HELMHOLTZ-Resonator

Als Helmholtz-Resonator wird eine Anordnung aus einem Luftvolumen und einem zylindrischen engeren kurzen Hals mit einer Öffnung nach außen bezeichnet. So ist jede Flasche, die am Hals angeblasen wird und einen Ton erzeugt, ein Helmholtz-Resonator. Durch die Kombination der Luftmasse in der Öffnung mit der Elastizität des gesamten Luftvolumens entsteht ein mechanisches Masse-Feder-System, bei der sich ausgeprägte Eigenfrequenzen herausbilden, im Falle einer Kugelform eine einzige Eigenfrequenz. Helmholtz verwendete diese Resonatoren, um mit seinem Ohr an der oberen spitzen Öffnung einen einzigen Grundton aus einem Klanggemisch nachzuweisen, das in die untere Öffnung eindringt (siehe Abb. 6). So hat er u. a. experimentell den Einfluss des äußeren Gehörgangs auf die Hörschwelle des Ohres bei Luftleitung des Schalls geklärt sowie die Formantbereiche der Vokale ermittelt. Außerdem hat er diese Resonatoren zur Klanganalyse verwendet. In Abb. 7 sind 16 solche Hohlkugeln aus Messing gezeigt, deren Durchmesser im Bereich zwischen 3 und 27 cm liegt. Die Kugeln haben jeweils eine weite Öffnung und, genau gegenüberliegend, eine schmale Öffnung, die ein kurzes Rohrstück als Hals besitzt. Helmholtz-Resonatoren sind heute u. a. im Musikinstrumentenbau zur Klang-Verstärkung und in der Raumakustik als Absorber weit verbreitet.

Abb. 7: Satz von 16 Kugelresonatoren zur Klanganalyse aus dem Helmholtzschen Labor, Durchmesser 3 bis 27 cm, Datierung vor 1863, Quelle: Historische Instrumentensammlung am Johannes-Müller-Institut für Physiologie (Charité – Universitätsmedizin Berlin).



■ HELMHOLTZ-Filter

Werden Helmholtz-Resonatoren, akustisch gekoppelt, aneinander gereiht, so entsteht ein Tiefpassfilter. Dieses wird in gasführenden Rohrleitungen und Kanälen zur Abschwächung von tieffrequenten Druckpulsationen verwendet.

■ HELMHOLTZ-Resonanzabsorber

Darunter wird eine Anordnung von Helmholtz-Resonatoren zum Zwecke der Schallabsorption, z. B. an Wänden oder in Kanälen, verstanden.

■ HELMHOLTZ-Vokaltheorie

Diese Bezeichnung wird für die Helmholtzsche Theorie der Vokallänge verwendet, die die Bedeutung der Formantbereiche der Vokale aufklärt (Bestimmung mit Hilfe der Helmholtz-Resonatoren). Helmholtz schreibt dazu in [3]: „Wir dürfen wohl annehmen, dass bei den Klängen des menschlichen Kehlkopfes, wie bei denen anderer Zungenwerkzeuge, die Obertöne mit steigender Höhe an Stärke kontinuierlich abnehmen würden, wenn wir sie ohne die Resonanz der Mundhöhle beobachten könnten. ... Je mehr die Mundhöhle verengt ist durch die Lippen, die Zähne oder die Zunge, desto entschiedener kommt ihre Resonanz für Töne von ganz bestimmter Höhe zum Vorschein, und desto mehr verstärkt sie dann auch in dem Klang der Stimmbänder diejenigen Obertöne, welche sich in den bevorzugten Graden der Tonhöhe nähern, desto mehr werden dagegen die übrigen gedämpft. Bei der Untersuchung des Klanges der menschlichen Stimme mittels Resonatoren findet man deshalb wohl ziemlich regelmäßig die ersten sechs bis acht Obertöne zwar deutlich wahrnehmbar, aber je nach den verschiedenen Stellungen der Mundhöhle in sehr verschiedener Stärke, bald mächtig in das Ohr hineinschmetternd, bald kaum vernehmbar.“

■ Resonanztheorie des Hörens nach OHM und HELMHOLTZ

Diese Theorie beschreibt die Fähigkeit des menschlichen Gehörs zur Klanganalyse. Sie beinhaltet, dass die Basilarmembran mit den Haarzellen im Innenohr als ein schwingungsfähiges Gebilde modelliert wird. Die einzelnen Bereiche der Basilarmembran sind – wie mechanische Resonatoren – auf unterschiedliche Resonanzfrequenzen abgestimmt. Bei der Anregung des Innenohres über den Steigbügel am ovalen Fenster der Schnecke mit einer bestimmten Frequenz schwingt derjenige Abschnitt der Basilarmembran mit den darauf befindlichen Haarzellen besonders stark, dessen Eigenfrequenz mit der entsprechenden Anregungsfrequenz übereinstimmt. Damit wird über die Bewegungen der Haarzellen dieses Basilarmembranabschnittes ein besonders starker Reiz erzeugt und über den Gehörnerv, ins Gehirn weitergeleitet,

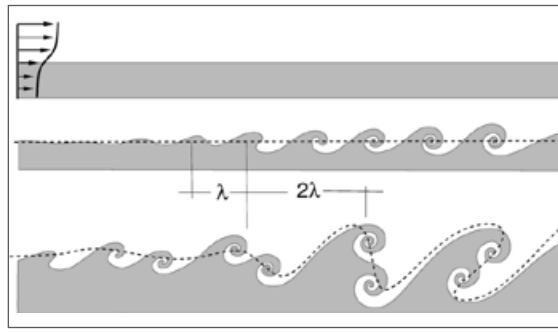


Abb. 8: Kelvin-Helmholtz-Instabilität, Wirbelentstehung und Wirbelverschmelzung, Quelle: Prof. J. Delfs, Braunschweig (mit freundlicher Genehmigung).

eine entsprechende Hörempfindung ausgelöst. Die Grundlagen zu dieser Erkenntnis erkannte der Physiker Georg Simon Ohm im Jahr 1843; der experimentelle Nachweis dazu gelang 15 Jahre später Hermann von Helmholtz. Deshalb wird dieses Gesetz auch oft als das „Ohm-Helmholtzsche Gesetz der physiologischen Akustik“ benannt.

■ HELMHOLTZsches Reziprozitätsgesetz

Helmholtz schreibt in [4]: „Wenn in einem mit Luft gefüllten Raume, der theils von endlich ausgedehnten festen Körpern begrenzt, theils unbegrenzt ist, im Punkte a Schallwellen erregt werden, so ist das Geschwindigkeitspotential derselben in einem zweiten Punkt b ebenso gross, als es in a sein würde, wenn nicht in a, sondern in b Wellen von derselben Intensität erregt würden. Auch ist der Unterschied der Phasen des erregenden und erregten Punktes in beiden Fällen gleich.“

■ KELVIN-HELMHOLTZ-Instabilität

Bei der Kelvin-Helmholtz-Instabilität handelt es sich um die Instabilität zweier Strömungen unterschiedlicher Geschwindigkeit und Dichte, die durch eine Grenzfläche getrennt sind. Abbildung 8 zeigt das Schema der Wirbelentstehung an der Grenzfläche und die dann folgende Wirbelverschmelzung. Schließlich zeigt Abbildung 9 (siehe folgende Seite) ein beeindruckendes Beispiel für Kelvin-Helmholtz-Instabilitätswellen aus der Natur.

■ HELMHOLTZsche Wirbelsätze

Hierzu hat Helmholtz seine Ergebnisse in [5] veröffentlicht. In moderner Darstellung lauten für reibungsfreie Strömungen die folgenden drei Sätze:

- Erster Wirbelsatz: Im Inneren eines Fluids können keine Wirbel beginnen oder enden.
- Zweiter Wirbelsatz: Wirbel enthalten zu jeder Zeit die gleichen Teilchen.
- Dritter Wirbelsatz: Die Zirkulation ist für jeden Wirbelquerschnitt senkrecht zum Wirbelfaden konstant.



Abb. 9: Kelvin-Helmholtz-Instabilitätswellen über einem Naturpark in Longmont, Colorado, USA, Quelle: © Gregory Thompson (inclouds.com).

■ HELMHOLTZscher Satz der Vektoranalysis

Dieser Satz lautet: „Jedes, über einem einfach zusammenhängenden Gebiet mit glatter Randfläche definiertes Vektorfeld lässt sich stets additiv in einen wirbelfreien und einen quellenfreien Anteil zerlegen“. Dieser Satz wurde im Wesentlichen zuerst durch Stokes 1849 bewiesen. Vervollständigt wurde der Beweis von Helmholtz im Jahr 1859 [6].

■ HELMHOLTZ-Zahl

Im Jahre 1970 wurde von Lothar Cremer an der Technischen Universität Berlin eine Ähnlichkeitskennzahl He eingeführt, die nach Helmholtz benannt wurde. Sie ist als dimensionslose Größe für das Verhältnis zweier Längen definiert worden, und zwar für das Verhältnis einer charakteristischen geometrischen Abmessung des Schallvorganges (L) zur Wellenlänge des Luftschalls (λ):

$$He = L / \lambda$$

Die Helmholtz-Zahl wird in erster Linie zur Charakterisierung der Abstrahlung verwendet: Je größer

Abb. 10: Raumakustisches Modell der historischen Semper-Oper, Quelle: R. Dietzel, TU Dresden (mit freundlicher Genehmigung)



die Helmholtz-Zahl, desto besser wird Schall abgestrahlt. Darüber hinaus kann sie auch auf andere physikalische Größen ausgeweitet werden [1], und sie spielt bei der im folgenden beschriebenen Ähnlichkeitsmechanik eine große Rolle als Maßzahl.

■ HELMHOLTZsche Ähnlichkeitsmechanik

Bei der sogenannten Ähnlichkeitstheorie wird versucht, einen physikalischen Vorgang auf einen Modellvorgang zurückzuführen, mit dem meist unter einfacheren Bedingungen als im Original experimentiert werden kann, d. h. in einem kleineren Maßstab, und bei dem bestimmte Kennzahlen die Zulässigkeit dieser Übertragung anzeigen.

Helmholtz hat bereits im Jahr 1873 hierfür die Grundlagen in [7] gelegt – eine Publikation, die Jahrzehnte fast vergessen war und erst 1966 von Werner Albring wieder an das Licht der wissenschaftlichen Öffentlichkeit geholt wurde. Albring schreibt dazu in [8]: „benutzte er (Helmholtz) die grundlegenden Differentialgleichungen in sehr bemerkenswerter Weise. Das Integral dieser Differentialgleichungen war unbekannt, Helmholtz überlegte aber, dass die Strömung um den fliegenden Vogelkörper oder das schwimmende Schiff durch Integrale dieser Gleichungen beschrieben werden müssen. Er suchte dann – in unserer heutigen Ausdrucksweise gesprochen – nach Ähnlichkeitskennzahlen, um quantitative Aussagen für geometrisch ähnliche Körper anderer Abmessungen zu bekommen.“

Auch wird in [8] gezeigt, dass Helmholtz dem heutigen Machschen Ähnlichkeitsgesetz vorgegriffen hat, und dass in [7] bereits die Froude-Zahl und die Newton-Zahl formuliert worden sind.

Bekannte Anwendungen der Helmholtzschen Ähnlichkeitsmechanik in der Akustik sind u. a. verkleinerte Modelle von Konzertsälen, sowie von Kfz- oder Flugzeugteilen im Windkanal. Als praktisches Beispiel zeigt Abbildung 10 ein raumakustisches Modell im Maßstab 1:20, das an der Technischen Universität Dresden in den 1970er/1980er Jahren zur experimentellen Optimierung der Raumakustik der damals wieder aufzubauenden Dresdner Semper-Oper verwendet worden ist, mit einem auf das Zwanzigfache erhöhten Frequenzbereich.

Genauere Erläuterungen zu diesem Modell und weitere praktische Beispiele werden in [1] gezeigt.

Ehrungen

Helmholtz war Mitglied zahlreicher Akademien der Wissenschaften, u. a. in Berlin, München, Göttingen, Wien, St. Petersburg (Kaiserliche Russische Akademie), Paris, Stockholm (Schwedische Musikalische Akademie, Ehrenmitglied 1870), Budapest, Washington (National Academy of Science, Ehrenmitglied 1883) und Dorpat/Tartu (Ehrenmitglied 1891).

Unter seinen weiteren Ehrungen finden sich der Maximilianorden für Wissenschaft und Kunst Bayern (1866), die Ehrenbürgerschaft der Stadt Heidelberg (1869), die Copley Medaille der Royal Society London (1874) und die Ehrenbürgerschaft der Stadt Potsdam (1891).

Mehrere Ehrungen sind nach ihm benannt: So wird die Helmholtz-Medaille der Berliner Akademien der Wissenschaften seit 1891 verliehen, u. a. an: Emil du Bois-Reymond, Robert W. Bunsen, Lord Kelvin, Karl Weierstraß, Rudolf Virchow, Henri Becquerel, Emil Fischer, Max Planck, Wilhelm Conrad Röntgen, Otto Hahn, Gustav Hertz, Niels Bohr, Paul Dirac, A. N. Kolmogorov, Heinz Bethge, Manfred Eigen, Roger Penrose, Jürgen Habermas, Friedrich Hirzebruch, Günter Spur u. a.

Und schließlich wird die Helmholtz-Medaille der Deutschen Gesellschaft für Akustik seit 1991 als höchste Auszeichnung für ein Lebenswerk im Bereich der Akustik verliehen.

Abschließende Bemerkungen

Ein Verzeichnis über die wichtigsten Publikationen von Helmholtz ist in [1] zu finden. Es sei ergänzt, dass Helmholtz auch weitere bedeutende Publikationen rezensiert bzw. übersetzt hat. So sind seine Rezensionen der beiden Bände von Lord Rayleigh's „Theory of Sound“ in [9] und [10] erschienen.

Es sei auch auf einen anderen Band der DEGA-Schriftenreihe zur Geschichte der Akustik hingewiesen [11], in dem die sogenannte „Ohm-Seebeck-Kontroverse“ (hinsichtlich der Wahrnehmung von Obertönen durch das menschliche Ohr) ausführlich beschrieben wird. Hierzu hat Helmholtz einige Jahre später entscheidend zur Klärung beigetragen.

Zum Abschluss werden zwei Zitate erwähnt, die die besondere Bedeutung seines Lebenswerkes unterstreichen.

Zunächst ein Auszug aus der Vorlesung des Biophysikers Georg von Békésy, die er anlässlich seiner Ehrung mit dem Nobelpreis für Medizin/Physiologie 1961 gehalten hat: *“For me, the most stimulating book on hearing was Helmholtz's “Die Lehre von den Tonempfindungen”. It was published in 1863. Although some of its details are not confirmed by measurements with today's instruments, the basic concepts still retain their value, and Helmholtz's method of viewing physiology and psychology in physical terms is today just as fresh as the day it was written. Helmholtz's magnificent start, however, was followed by stagnation in auditory research, and for almost 100 years the universities taught about the same thing. The whole field of acoustics made very little progress compared with the tremendous achievements in other areas of physics.”*

Abschließend eine besondere Wertschätzung, die

Helmholtz im Jahr 1871 von der Firma Steinway & Sons (New York) in einem Brief vom 11.03.1871 erfahren hat:

*Herrn Professor Helmholtz, Heidelberg
Geehrter Herr!*

Wir sind im Besitz Ihres freundlichen Schreibens. Empfangen Sie vor allen Dingen die Versicherung, dass wir uns durch Ihren Auftrag sehr geehrt fühlen und wir werden mit Vergnügen und auf unsere Kosten einen großen Konzertflügel zur Ihrer Disposition schicken ... senden wir das Instrument an das Speditions-Geschäft der Herren Johannes Schroeder in Hamburg und wir ersuchen Sie diesen Herrn ihre Berliner Adresse mitzuteilen. Herr Hof Pianoforte Fabrikant Bechstein wird Ihnen das Instrument auf Ihr Ersuchen gewiß gerne auspacken und aufstellen. Sollte das Instrument Ihren Beifall haben und Ihnen dessen Besitz wünschenswert sein, so spielt der Kostenpreis absolut keine Rolle und kommt durchaus nicht in Betracht – einmal weil Sie so viel Nutzbringendes für uns über die Erscheinung des Tones gearbeitet haben und wichtiger noch weil wir hoffen, dass dieses Piano Sie für fernere wertvolle Entdeckungen im Reiche der Töne anregen möge. ...

Unter den besten Grüßen unseres Herrn Theodor Steinway, der sich noch immer mit großen Vergnügen der anregenden Unterhaltungen erinnert, welche derselbe im vorigen Jahre mit Ihnen hatte, empfehlen wir uns

*Achtungsvoll und Ergebenst
Steinway & Sons.*

Literatur

- [1] Költzsch, P.: Von der Antike bis in das 20. Jahrhundert – ein Streifzug durch die Geschichte der Akustik. Schriftenreihe zur Geschichte der Akustik, Heft 1, DEGA e.V., 2010 (erhältlich über die DEGA-Geschäftsstelle).
- [2] Helmholtz, H. v.: Vorträge und Reden. Erster Band, 5. Auflage, Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig 1903.
- [3] Helmholtz, H. v.: Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik. 1. Auflage, Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig 1863.
- [4] Helmholtz, H. v.: Theorie der Luftschwingungen in Röhren mit offenen Enden. Journal für die reine und angewandte Mathematik 57, S. 1–72, 1860.
- [5] Helmholtz, H. v.: Ueber Integrale der hydrodynamischen Gleichungen, welche den Wirbelbewegungen entsprechen. Journal für die reine und angewandte Mathematik 55, S. 25–55, 1858.
- [6] Großmann, S.: Mathematischer Einführungskurs für die Physik. B. G. Teubner, Stuttgart/Leipzig, 2000.
- [7] Helmholtz, H. v.: Über ein Theorem, geometrisch ähnliche Bewegungen flüssiger Körper betreffend. Monatsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, S. 501–514, 1873.
- [8] Albring, W.: Helmholtz schuf eine Ähnlichkeitstheorie für Strömungen. Maschinenbautechnik 15, S. 113–118, 1966.
- [9] Helmholtz, H. v.: Book Review „The Theory of Sound“ (part 1). Nature 17, S. 237–239, 1878.
- [10] Helmholtz, H. v.: Book Review „The Theory of Sound“ (part 2). Nature 19, S. 117–118, 1878.
- [11] Költzsch, P.: Sondhauf-Röhre, Seebeck-Sirene – Wer waren ihre Namensgeber?. Schriftenreihe zur Geschichte der Akustik, Heft 4, DEGA e.V., 2012 (erhältlich über die DEGA-Geschäftsstelle). ■

Prof. Dr. Peter Költzsch
ehemaliger
Lehrstuhlinhaber
für Technische
Akustik an der
Technischen Uni-
versität Dresden

Dr.-Ing. Martin Klemenz
Geschäftsführer
der DEGA, Berlin

Geräuschwirkungen bei der Nutzung von Windenergie an Land

Sebastian Schmitter, Alexander Alaimo Di Loro, Christoph Pörschmann, Johannes M. Arend, Stephan Großarth, Dirk Schreckenberger

„Wusch, Wusch, Wusch.“

Die Geräusche von Windenergieanlagen werden von Anwohnenden in der Regel als ein „Wuschen“ oder als ein an- und absteigendes Rauschen bezeichnet. Ursache dafür: Ähnlich wie Flugzeugtragflächen erzeugen die Rotorblätter der Anlagen Strömungsgeräusche die im „Takt“ der Rotation zu dieser speziellen Geräuscheigenschaft führen. Zur Untersuchung welchen Einfluss diese besondere Geräuschcharakteristik auf die Menschen im Umfeld von Windenergieanlagen hat, wurde seitens des Umweltbundesamtes ein Forschungsvorhaben in Auftrag gegeben. Das Forschungsvorhaben „Geräuschwirkungen bei der Nutzung von Windenergie an Land“ (Forschungskennzahl: 3717-43-110-0) umfasst die Durchführung von akustischen Messungen, Hörversuchen und Befragungen an insgesamt fünf Untersuchungsgebieten. Die über das gesamte Bundesgebiet verteilten Untersuchungsgebiete wurden so gewählt, dass ein breites Spektrum der in Deutschland üblichen Parkkonfigurationen abgedeckt wurde. Dies beinhaltet unterschiedlichste Topografien, Anlagentypen und Entfernungen zur nächsten Wohnbebauung. Die Anzahl der Windenergieanlagen variierte beispielsweise von nur einer Einzelanlage mit ca. 3 MW Leistung bis zu einem Park mit 21 Anlagen der 2–3 MW Klasse. Auf Basis der Messungen konnten zum einen die sogenannten amplitudenmodulierten Geräusche quantifiziert und zum anderen Hörversuche entwickelt werden, um deren Wirkungen näher zu untersuchen. In Kombination mit der Befragung einer großen Anzahl von Anwohnenden konnte die Geräuschwirkung der Windenergieanlagen detailliert analysiert werden.

Einleitung

Bei der Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen (WEA) steht das Thema Lärm häufig im Fokus der Diskussion. Dabei werden vielfältige Fragen aufgeworfen, die sowohl die Lärmentstehung und -minderung als auch die Auswirkungen des Lärms auf die Gesundheit und Lebensqualität der Bevölkerung betreffen.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Geräuschwirkungen bei der Nutzung von Windenergie an Land“ im Auftrag des Umweltbundesamtes wurden über

Noise effects of the use of land-based wind energy

‘Whoosh, Whoosh, Whoosh.’

The people who live near wind turbines usually describe the noise they produce as a rising and falling ‘whoosh’ sound. The reason: As with aircraft wings, the air that flows over the rotor blades on wind turbines creates this characteristic noise to the ‘rhythm’ of the rotating blades. The German Federal Environment Agency commissioned a research project to investigate the impact of this specific type of noise on the people who live near wind turbines. The research project, ‘Noise effects of the use of land-based wind energy’ (Project Code Number: 3717-43-110-0), involves acoustic measurements, listening tests and surveys across a total of five study sites. The study sites, distributed across Germany, were chosen to cover a broad spectrum of the wind-farm configurations typically found in this country. The study examined a wide variety of topographies, turbine types and distances to the nearest residential areas. The number of wind turbines studied ranged from a single individual turbine with a capacity of approx. 3 MW to a farm of 21 turbines of the 2–3 MW class. With the measurements obtained, researchers were able to quantify what is known as ‘amplitude-modulated noise’, and listening tests were conducted to examine the effects of this noise in greater detail. These findings, combined with a survey of a large number of local residents, permitted detailed analysis of the impacts of wind turbine noise.

einen Zeitraum von drei Jahren die Geräuscheinwirkung durch Windenergieanlagen an unterschiedlichen Standorten in Deutschland untersucht. Dabei wurde der Fokus auf die besondere Geräuschcharakteristik von Windenergieanlagen, die sogenannten amplitudenmodulierten Geräusche, gelegt. Eine vielfach diskutierte These lautet, dass diese besondere Geräuschcharakteristik der Windenergieanlagen, die sich z. B. als „Wuschen“ beschreiben lassen, zu einer erhöhten Wahrnehmung und Belästigung bei den Anwohnenden führen. Zum Startzeitpunkt des

Forschungsvorhabens war noch nicht klar, ob und in welcher Häufigkeit Amplitudenmodulationen (AM) in Entfernungen größer 1.000 m überhaupt detektierbar sind.

Ziel der Studie war zu untersuchen in welchem Ausmaß Amplitudenmodulationen von Windenergieanlagen verursacht werden, ob diese im Immissionsbereich hör- und messbar sind und welchen Einfluss sie auf die Geräuschwahrnehmung von Anwohnenden haben. Die Studie wurde diesbezüglich in drei Bausteinen konzipiert:

- Baustein 1: Langzeitmessungen von Windenergieanlagenlärmgeräuschen
- Baustein 2: Befragung von Anwohnenden im Umfeld von Windenergieanlagen
- Baustein 3: Hörversuche zur Wirkung amplitudenmodulierter Geräusche

Im Baustein 1 wurden Messungen der Geräusche von Windenergieanlagen an fünf deutschlandweit verteilten Standorten vorgenommen. Durch Abgleich mit Daten zum Betrieb (Zeiten, Leistung), zur Art der Anlage, zur topographischen Situation und zu den meteorologischen Bedingungen sollten die Einflussfaktoren auf die Amplitudenmodulation eruiert werden. Als Kernergebnisse der Langzeitmessungen für die weiteren Bausteine wurden standortspezifisch

die Auftrittshäufigkeit und Modulationstiefe stabiler, periodischer Amplitudenmodulationen ermittelt. Gegenstand von Baustein 2 ist die Befragung von Anwohnenden an den gleichen fünf Standorten, an denen die Langzeitmessungen durchgeführt wurden. Ziel hierbei war es, den Grad der Belästigung der Anwohnenden durch Windenergieanlagenlärmgeräusche bezogen auf prognostizierte Beurteilungspegel zu ermitteln. Dabei galt es zu prüfen, inwieweit die standortspezifischen Kenngrößen der Amplitudenmodulation, die subjektive Wahrnehmung von Amplitudenmodulationen und weitere Kontextfaktoren über den prognostizierten Beurteilungspegel hinaus die Lärmbelästigung beeinflussen. Die Befragungsstudie ist methodisch eine Querschnittsstudie, d.h. es wird zu einem Zeitpunkt befragt, die Befragungsangaben mit den akustischen Daten korreliert und die Assoziationen zwischen der Lärmbelästigung und potenziellen Einflussgrößen in statistischen Vorhersagemodellen (Regressionsanalysen) quantifiziert. Mithilfe der statistischen Analysen lassen sich dabei Zusammenhänge zwischen der Lärmbelästigung und den Einflussfaktoren untersuchen, eine eindeutige Ursache-Wirkungszuschreibung ist dabei streng genommen nicht möglich. So kann zwar in der Befragungsstudie der mögliche Zusammenhang



EINHALTUNG DER GRENZWERTE
FÜR FAHRZEUGGERÄUSCHE

Pass-by-Lösungen von HBK

Die Lösungen von Hottinger Brüel & Kjær für simulierte und reale Vorbeifahrtgeräuschmessungen erleichtern den Umgang mit komplexen Regelungen und erfüllen erhöhte Anforderungen an die Produktivität:

- Datenzentrierte Pass-by-Lösung
- Nutzerfreundliche Software
- Qualitativ hochwertige Messgeräte
- Umfassende Service- und Supportangebote

hbkworld.com/pass-by-messung



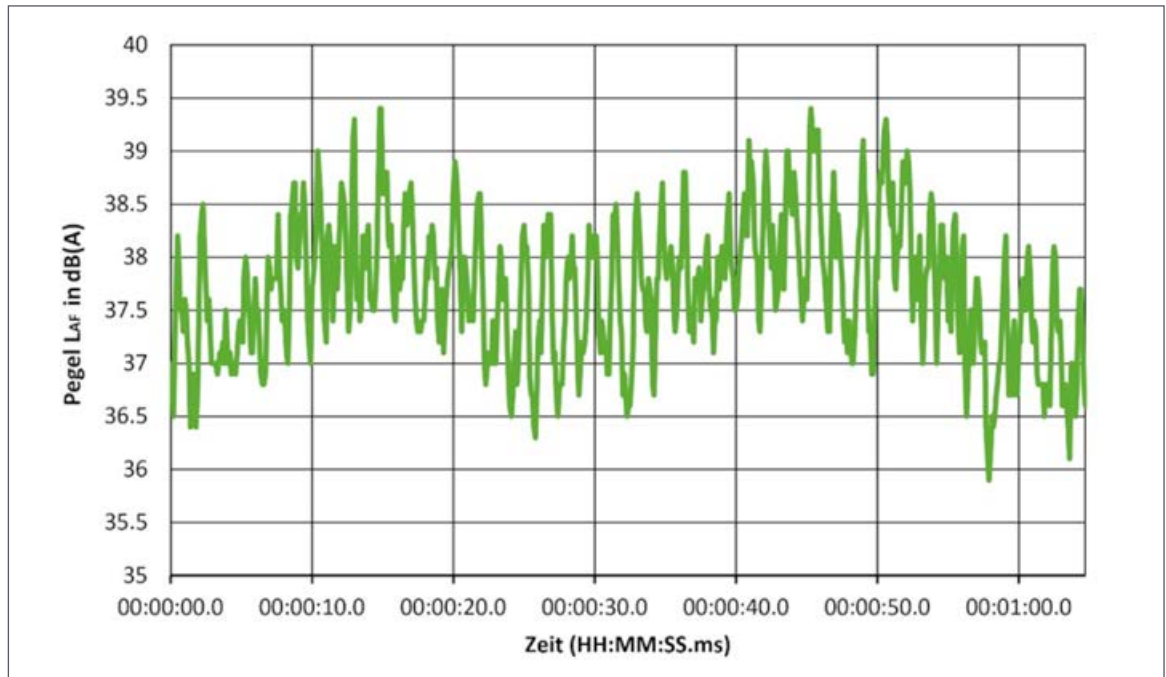


Abb. 1: Exemplarischer Pegelverlauf bei vorliegender Amplitudenmodulation

zwischen der Amplitudenmodulation bzw. ihrer subjektiven Wahrnehmung und der Belästigung durch Windenergieanlagen Geräusche in der anwohnenden Bevölkerung aufgezeigt werden, ob und in welchem Maße der akustische Effekt amplitudenmodulierter Geräusche ursächlich für die Lärmbelästigung durch Geräusche von Windenergieanlagen ist, lässt sich nur durch eine systematische, experimentell angelegte Studie untersuchen.

Aus diesem Grund wurden als Baustein 3 unter kontrollierten bzw. standardisierten Bedingungen Hörversuche mit Anwohnenden von drei der fünf Standorte sowie einer Kontrollgruppe von nicht im Umfeld von Windenergieanlagen lebenden Personen durchgeführt. Dabei wurden den Untersuchungspersonen verschieden amplitudenmodulierte Geräusche dargeboten und die akuten Belästigungsreaktionen hierauf erfasst. Die kontrollierte Darbietung der Geräuscheszenarien erlaubt eine eindeutige Ursachenzuschreibung und -quantifizierung, d. h. Reaktionsunterschiede auf die Geräuscheszenarien lassen sich auf Unterschiede in den Geräuscheszenarien und auf den quantitativen Grad der in den Szenarien manipulierten Amplitudenmodulationen zurückführen.

Der im Rahmen des Forschungsprojekts entstandene Endbericht befindet sich derzeit in der Entwurfsphase.

Baustein 1: Langzeitmessungen von Windenergieanlagen

Mit Amplitudenmodulation ist die Eigenschaft des Geräusches der Windenergieanlagen gemeint, die meist als ein „Wuschen“ wahrgenommen wird. Hier-

bei handelt es sich um ein periodisches Ansteigen und Abfallen des Schalldruckpegels.

Geräusche von Windenergieanlagen unterliegen auch anderen zeitlich unregelmäßigen Schwankungen, die von Menschen wahrgenommen werden können. Diese können z. B. durch Ausbreitungsvorgänge, Wind oder Interferenzen erzeugt werden und sind teilweise in der Fachliteratur ebenfalls als amplitudenmodulierte Geräusche bezeichnet. Diese Schwankungen stehen aber meist nicht in direktem Zusammenhang mit der Rotationsfrequenz und werden von Anwohnenden nicht als „Wuschen“ beschrieben. Im Forschungsvorhaben wird der Begriff Amplitudenmodulation für Pegelschwankungen im Zusammenhang mit der Drehfrequenz verwendet, wie sie in Abbildung 1 als schnelles an- und abschwellen des Pegels im 1,2 s Takt zu sehen sind.

Es wurden an fünf Untersuchungsgebieten Langzeitschallmessungen im Immissionsbereich (> 800 m) und Emissionsbereich (< 300 m) durchgeführt. Auf der Basis der Langzeitschallmessungen wurden die geräuschespezifischen Einflüsse von Windenergieanlagen ausgewertet und untersucht. Im Rahmen der Messauswertungen wurde ein Algorithmus entwickelt, um Amplitudenmodulation im Messsignal automatisiert zu detektieren und zu quantifizieren.

Die Untersuchungsgebiete

Die fünf Messkampagnen wurden an Standorten verteilt über das gesamte Bundesgebiet von Deutschland durchgeführt. Ziel bei der Wahl der Untersuchungsgebiete war, die unterschiedlichen topografischen Verhältnisse in Deutschland abzudecken. Dies

wurde durch die Wahl der Untersuchungsgebiete (UG) in Nord-, Ost-, Süd- und Westdeutschland sowie in der Mitte von Deutschland erreicht (siehe Abbildung 2).

Generell befanden sich im näheren Umfeld der Messorte keine relevanten Geräuschquellen wie beispielsweise größere Industrieanlagen, größere gewerbliche Anlagen oder Autobahnen. Die Auswahl der Untersuchungsgebiete erfolgt des Weiteren unter der Vorgabe, möglichst unterschiedliche Parkkonstellationen zu untersuchen, um einen breiten Überblick der Geräuschsituation in Deutschland zu erhalten. Dabei variierten:

- Anzahl der Windenergieanlagen (1, 3, 6, 10 oder 21 WEA)
- Typ der Windenergieanlagen (4 Hersteller mit insgesamt 6 unterschiedlichen Modellen)
- Höhe der Windenergieanlagen (ca. 100 m – ca. 140 m Nabenhöhe)
- Leistung der Windenergieanlagen (2 – 3 MW)
- Rotordurchmesser (ca. 80 m bis ca. 135 m)
- Topografische Lage (flaches bis hügeliges Landschaftsbild)
- Messentfernung der Messungen im Immissionsbereich (ca. 800 m bis 1.500 m)
- Zeitraum der Messung (Frühling bis Winter)

Der Messaufbau

Der Messaufbau wurde in zwei Bereichen durchgeführt. Zum einen in dem Bereich der Immission direkt an einem möglichen Immissionsort und zum anderen in einem Bereich der Emission in unmittelbarer Umgebung einer Windenergieanlage (siehe Abbildung 3). In jedem der fünf Untersuchungsgebiete wurde die Langzeitmessung über sechs Wochen im Immissionsbereich und in drei Untersuchungsgebieten parallel über zwei Wochen im Emissionsbereich durch-

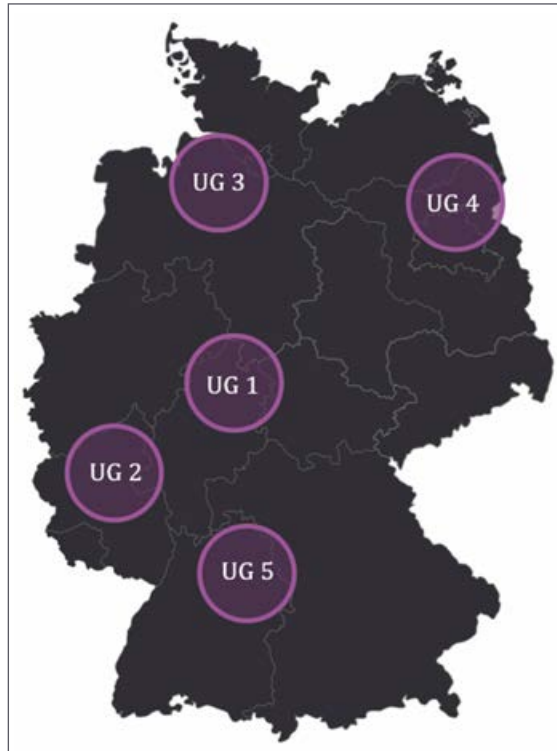
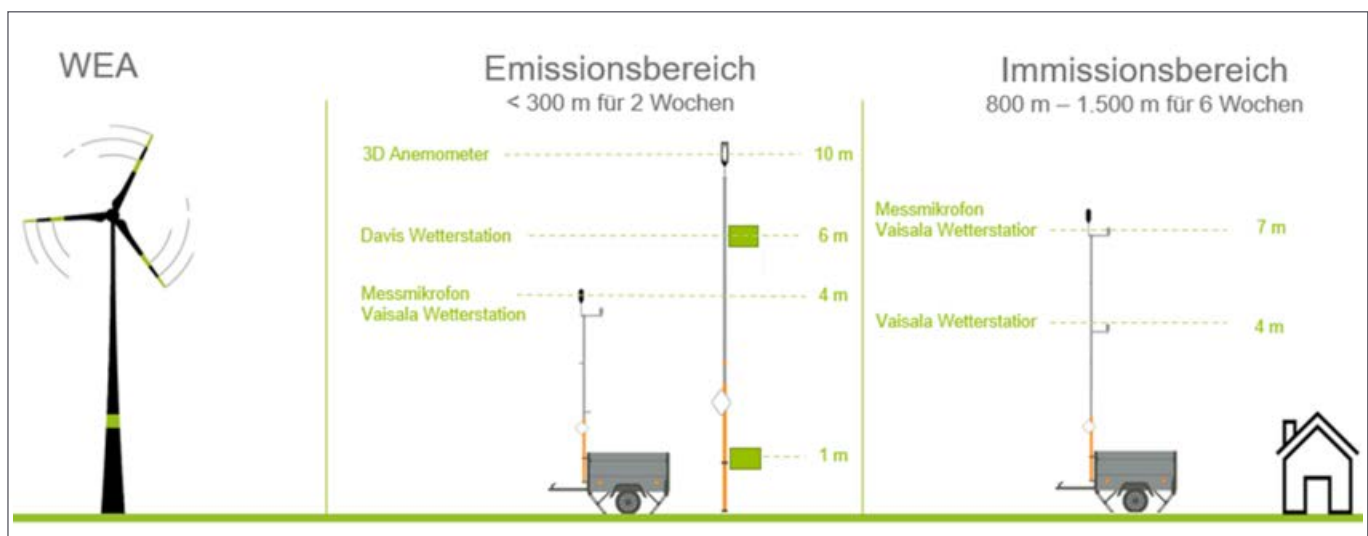


Abb. 2: Lage der Untersuchungsgebiete in Deutschland

geführt. Die Messungen erfolgten mit automatisch arbeitenden Messstationen. Im Emissionsbereich erfolgte neben der akustischen Messung auf 4 m Höhe die Aufzeichnung der meteorologischen Daten auf jeweils gleicher Höhe des Mikrofons, sowie zusätzlich in 10 m, 6 m und 1 m Höhe. Im Immissionsbereich wurden die Geräusche in einer Höhe von 7 m erfasst. Die meteorologischen Daten standen im Immissionsbereich in 7 m und in 4 m Höhe zur Verfügung. Die Erfassung der Anlagensignale erfolgte im Turmfuß der nächstgelegenen Windenergieanlage oder wurde als Datensatz über den Hersteller bereitgestellt. Die Erfassung der Messdaten erfolgte mit geeichten

Abb. 3: Schematische Darstellung des Messaufbaus



Messstationen mit Klasse 1 Mikrofonen. Zusätzlich wurde zur Reduktion der Windgeräusche am Außenmikrofon ein sekundärer Windschirm benutzt. Die Messstationen zeichneten kontinuierlich einen Pegelverlauf in einem Zeitraster von 0,1 Sekunden, schmalbandige Spektren mit einer Frequenzauflösung von 3 Hz, Roh-Audiodaten in einem Format mit 24 Bit / 48 kHz für spätere feinere Spektralauswertung und andere Analysen sowie Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Regen, relative Luftfeuchte, Luftdruck und Temperatur auf unterschiedlichen Messhöhen auf.

Das Auswerteverfahren

Als Grundlage für die Auswertung der Messdaten bezüglich des Auftretens von Amplitudenmodulation wird zunächst definiert: Die zu untersuchende Amplitudenmodulation von Windenergieanlagen steht im direkten Zusammenhang mit der Drehfrequenz der Anlage.

Für die Untersuchung der Amplitudenmodulation wurde im Rahmen der Studie ein Algorithmus entworfen, der anhand der aufgezeichneten Audiodaten für Abschnitte mit einer Länge von 10 Sekunden die Modulationstiefe ΔL_{AM} und die Frequenz der Modulation f_{AM} bestimmt. Vereinfacht zusammengefasst wird der Pegelverlauf auf seine spektrale Zusammensetzung hin im Bereich von 0,3 Hz bis 1,2 Hz untersucht, um die vorherrschende Frequenz f_{AM} der Modulation zu bestimmen. Dabei wird die von Windenergieanlagen aufgrund der Rotationsgeschwindigkeit zu erwartende Periodizität berücksichtigt, um aus der Differenz der Minima und Maxima des

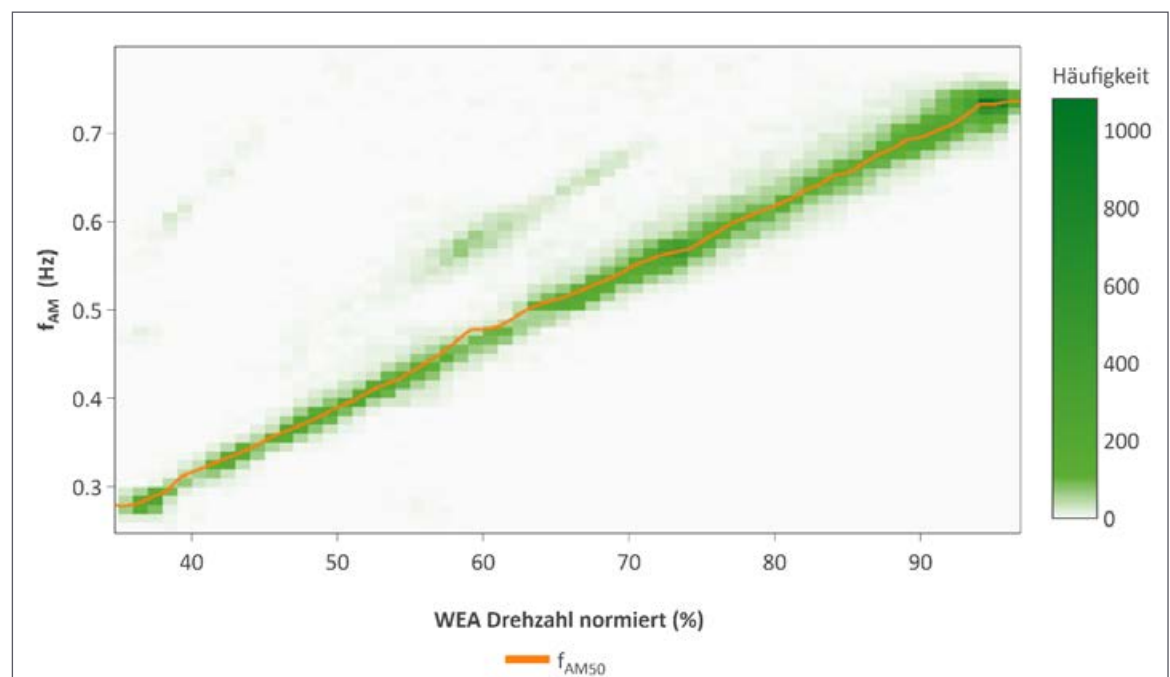
Pegelverlaufs das Maß der Modulationstiefe (ΔL_{AM}) zu bestimmen. Unabhängig von dem tatsächlichen Auftreten von periodisch amplitudenmodulierten Geräuschen werden so zunächst Datenscribe für f_{AM} und ΔL_{AM} erzeugt.

Für den Zeitraum mit erkannter AM kann die Auftrittshäufigkeit der erkannten Modulationsfrequenz und der Drehzahl der Windenergieanlage anhand eines 2D-Auftrittsdichteplots dargestellt werden (siehe Abbildung 4). Diese Darstellung verdeutlicht exemplarisch, anhand der Daten der Messung im Emissionsbereich, die starke Korrelation der akustischen Modulationsfrequenz mit der Drehfrequenz der Windenergieanlage. Die blässere nahezu parallel verlaufende Linie im mittleren Drehfrequenzbereich kann durch die gleichzeitige Messung von AM anderer nicht geloggtter Anlagen mit höherer Drehzahl erklärt werden. Nicht von allen Anlagen eines Windparks wurden zum Zeitpunkt der Messungen die Drehzahlen erfasst.

Allgemeine Ergebnisse

Prinzipiell konnten für die fünf Untersuchungsgebiete zwischen 80 % und 95 % der Messzeit im Immissionsbereich in Hinblick auf die Amplitudenmodulation ausgewertet werden. Zeiträume, in denen die Anlagen aufgrund zu geringer Windgeschwindigkeiten nicht in Betrieb waren oder Zeiträume, in denen die meteorologischen Bedingungen keine Auswertung zuließen (z. B. Regen, Nebel usw.) traten entsprechend selten auf. Innerhalb der auswertbaren Bereiche konnten in der Regel zu 20 % bis 50 % der Zeit eine stabile periodische Amplitudenmodulation

Abb. 4: Emissionsseitige 2D-Auftrittshäufigkeit (Modulationsfrequenz vs. Drehzahl)



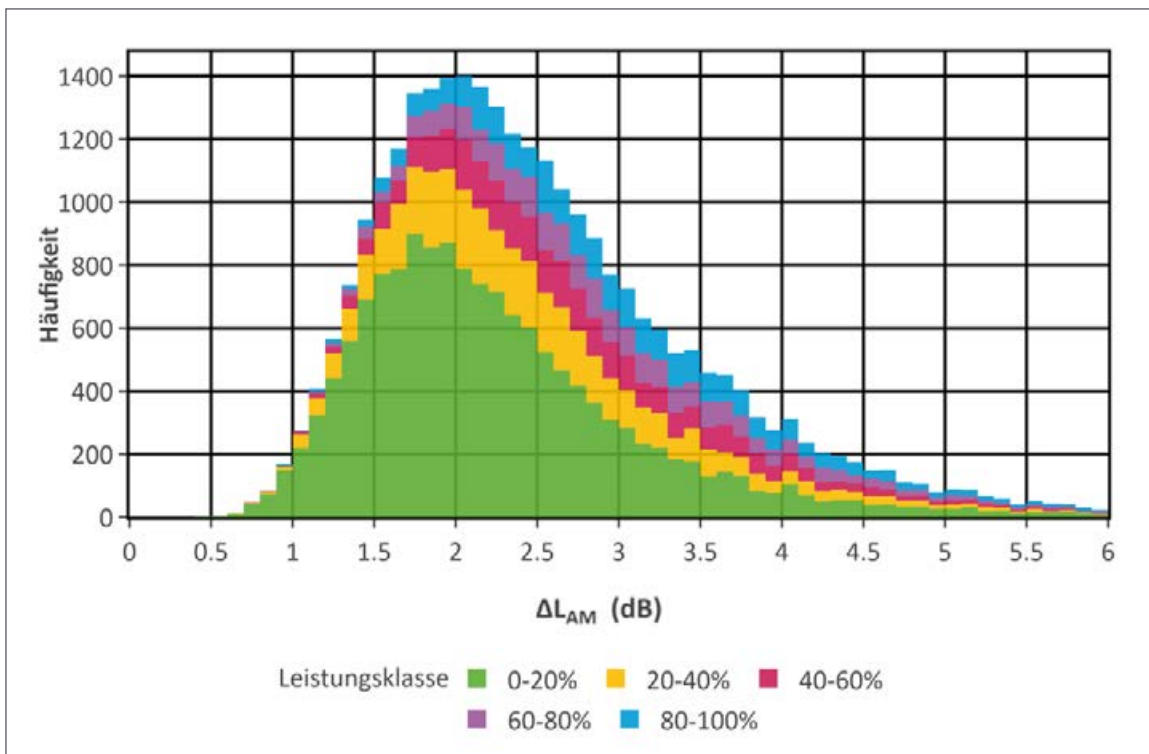


Abb. 5: Häufigkeitsverteilung der Modulationstiefe ΔL_{AM} im UG 2 nach Anlagenleistung klassiert

festgestellt werden, die der Drehfrequenz der Windenergieanlagen zugeordnet werden kann. An zwei Standorten konnte nur zu 2 % bis 10 % der Zeit eine stabile periodische Amplitudenmodulation festgestellt werden, was zum einem dem sehr großen Messabstand von 1.500 m und zum anderen einer Vielzahl unterschiedlichster Anlagentypen mit unterschiedlichen Drehfrequenzen zuzuordnen ist.

Die Auswertung der Messdaten zeigt, dass die Modulationstiefen für alle Standorte im Median über alle Leistungsbereiche der Anlagen bei ca. 1,5 dB bis 2,5 dB liegen (siehe exemplarisch für einen Standort, Abbildung 5).

Das 95 %-Perzentil der Häufigkeitsverteilungen der Modulationstiefen (ΔL_{AM95}) variiert in den Untersuchungsgebieten zwischen 0,6 dB und 1,3 dB, das 5 %-Perzentil der Modulationstiefen (ΔL_{AM5}) liegt zwischen 2,9 dB und 5,5 dB.

Ein Vergleich der verschiedenen Untersuchungsgebiete zeigt, dass in den Untersuchungsgebieten 1 und 2 mit Modulationstiefen im Median von mehr als 2 dB die größten Modulationstiefen auftraten. Bei diesen Standorten handelt es sich um Windparks mit wenigen Windenergieanlagen und relativ geringen Abständen zwischen den Windenergieanlagen und der Wohnbebauung bzw. der Messposition. Aufgrund der hohen Unterschiedlichkeit der Messkampagnen (Jahreszeit, Topographie, Parkkonstellation, Messentfernung) können aus den Beobachtungen in Bezug auf die Anlagenanzahl und die Messentfernung lediglich Tendenzen abgeleitet werden.

Abhängigkeit zwischen AM und den Betriebszuständen der WEA

In Tabelle 1 ist der jeweilige Median der Modulationstiefen klassiert nach normierter elektrischer Leistung pro Messort aufgeführt. 100 % entspricht hierbei der Nennleistung der jeweiligen Referenzwindenergieanlage. Für das Untersuchungsgebiet UG 5 sind die Häufigkeiten aufgrund fehlender Anlagensignale nach der immissionsseitig gemessenen Windgeschwindigkeit klassiert. 100 % entspricht hierbei 6 m/s auf Immissionshöhe.

Für die UG 1, UG 3, UG 4 und UG 5 ergibt sich mit zunehmender elektrischer Leistung bzw. zunehmender Windgeschwindigkeit ein konstanter bis schwach abnehmender Median der Modulationstiefe. Ein anderes Bild zeigt sich für das Untersuchungs-

Tab. 1: Klassierung der Modulationstiefe nach normierter elektrischer Leistung

Leistungs- bereich	Pegeldifferenz ΔL_{AM50} in dB							
	Immissionsbereich					Emissionsbereich		
	U1	U2	U3	U4	U5	U1	U3	U4
1–20 %	2,1	2,1	1,8	1,6	1,5	2,0	1,8	1,4
>20–40 %	2,0	2,5	1,2	1,5	1,6	2,2	2,2	1,6
>40–60 %	2,2	2,9	1,1	1,5	1,5	1,9	2,7	1,6
>60–80 %	2,2	3,0	1,2	1,5	1,3	1,9	2,9	1,6
>80–100 %	1,7	3,0	1,2	1,4	1,4	1,8	2,7	1,6

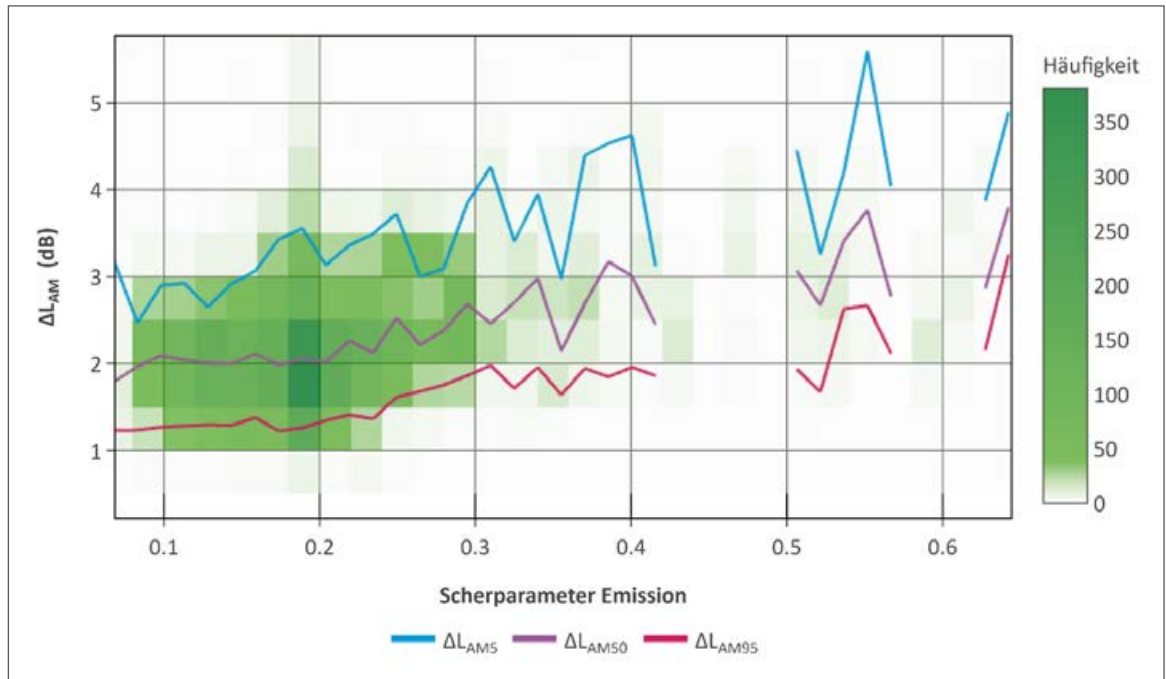


Abb. 6: Modulationstiefe gegen Scherparameter Emissionsbereich (UG 1)

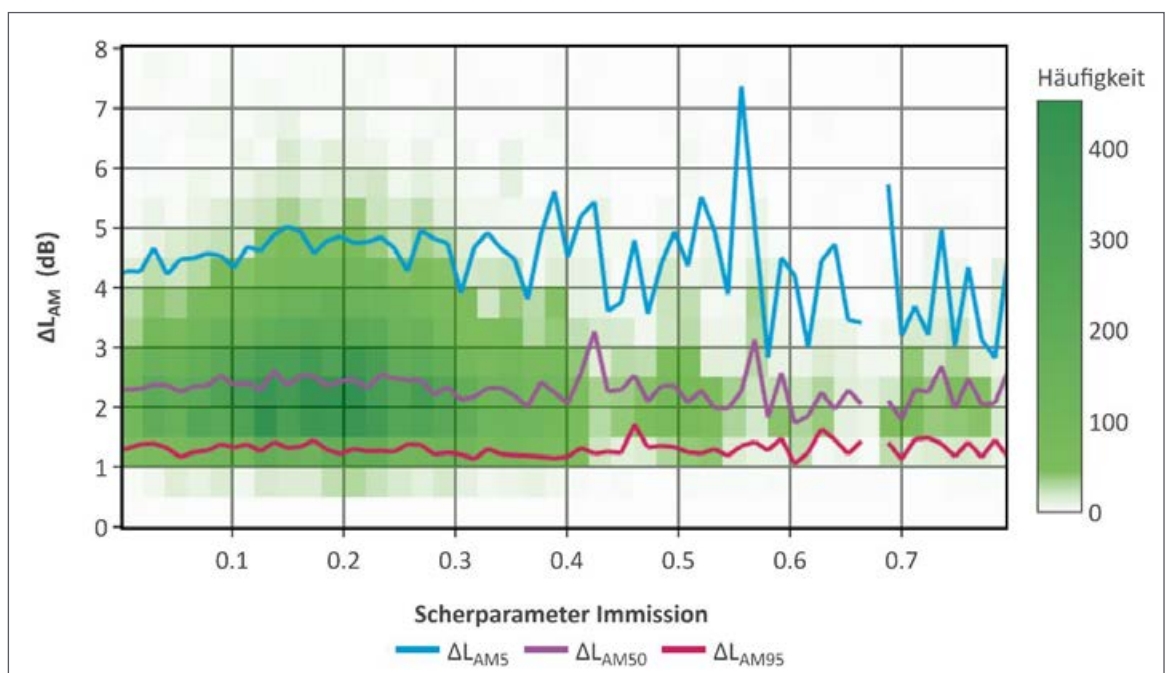
gebiet UG 2. Hier steigt die Modulationstiefe über den Median mit steigender Leistung an. Beim UG 2 handelt es sich um das Untersuchungsgebiet mit nur einer WEA.

Die Analysen der Messungen in den Emissionsbereichen der Windparks zeigen für UG 1 und UG 4 einen konstanten bzw. leicht abfallenden Median der Modulationstiefe bei zunehmender elektrischer Leistung. Im UG 3 zeigt sich mit zunehmender Leistung der Anlagen ein Anstieg im Median.

Die weitere Analyse der Messdaten nach Klassierung

auf Windrichtung und elektrischer Leistung der Anlagen zeigt, dass unter Querwind die Modulationstiefe im Immissionsbereich UG 2 um 1,2 dB über steigende Leistung leicht zunimmt. Unter Mitwind nimmt die Modulationstiefe nur um 0,6 dB zu. Dieser Trend lässt sich nur für das Untersuchungsgebiet mit der Einzelanlage aus den Daten erkennen. Bei den anderen Untersuchungsgebieten (UG 1 und UG 3 bis UG 5) lassen sich keine eindeutigen Zusammenhänge zwischen Leistung und Windrichtung sowie Modulationstiefe erkennen.

Abb. 7: Modulationstiefe gegen Scherparameter Immissionsbereich (UG2)



Windscherung als Quellmechanismus

Wie schnell und in welcher Form die Windgeschwindigkeit mit der Höhe der Atmosphäre steigt, kann deutlich variieren. Die Form des Windprofils wird mit einem Scherparameter beschrieben. Um den Einfluss der Windscherung als Quellmechanismus zu untersuchen, wurden aus den gemessenen meteorologischen Größen dynamisch für 10-Minuten-Abschnitte Scherparameter bestimmt und gegen die gemessene Modulationstiefe in Dichteverteilungen aufgetragen. Für die emissionsseitigen Messungen der AM konnte ein steigender Wert für die Modulationstiefe mit dem Anstieg des Scherparameters ermittelt werden. Exemplarisch ist der Verlauf in Abbildung 6 für die Messung im Emissionsbereich des UG 1 dargestellt. Immissionsseitig zeigt sich für alle Standorte in den Regressionsgeraden kein erkennbarer Anstieg. Exemplarisch ist der Verlauf in Abbildung 7 für den Immissionsort des UG 2 dargestellt.

Es ist also festzustellen, dass die gemessene AM am Immissionsort keinem Trend folgt und nicht durch die ermittelte Windscherung beeinflusst wird. Für den Emissionsbereich konnte ein Trend festgestellt werden, der einen leichten Anstieg der Modulationstiefe bei ansteigendem Scherparameter aufweist.

Baustein 2: Befragung von Anwohnerinnen und Anwohnern im Umfeld von WindenergieanlagenZielsetzung und Methodik

An den fünf Windenergieanlagenstandorten wurden im Umkreis von bis zu 3 km zu den Anlagen Befragungen unter den Anwohnenden durchgeführt. Ein wesentliches Ziel der Befragung war es, die Belästigung durch Geräusche von Windenergieanlagen in der exponierten Bevölkerung zu erfassen und in Expositions-Wirkungsanalysen auf den prognostizierten Beurteilungspegel für einen 24 Stunden-Tag L_r zu beziehen. Dabei sollte über die Beziehung zwischen der Lärmbelästigung und dem Beurteilungspegel L_r hinaus der Einfluss der Amplitudenmodulation sowie weiterer Kontextfaktoren auf die Lärmbelästigung durch die Windenergieanlagen Geräusche untersucht werden.

Hierzu wurden Schallimmissionsprognosen bezogen auf die Wohngebäude der Befragungspersonen vorgenommen. Die Berechnungen erfolgten gemäß der TA Lärm [1] nach der DIN ISO 9613-2 [2] in Form einer detaillierten Ausbreitungsrechnung unter Berücksichtigung des Interimsverfahrens für Windenergieanlagen (vgl. [3]; [4]). Für die Ausbreitungsberechnungen wurden die Oktavbandschallleistungsspektren des je-



WIE ERREICHT MAN EINE EFFEKTIVE KÖRPERSCHALLISOLIERUNG IN FITNESSSTUDIOS? GEMEINSAM.

Fitnessstudios sorgen in Quartieren und Geschäftshäusern für kurze Wege und moderne Freizeitinfrastruktur. Dabei können die schalltechnischen Anforderungen komplex und vielschichtig sein. Die **REGUPOL sonusfit Range** kombiniert die effektive Reduzierung des Körperschalls mit den notwendigen sportfunktionellen Eigenschaften eines **REGUPOL everroll** Sportbodens in allen Bereichen des Fitnessstudios.

Erfahren Sie mehr:



akustik@regupol.de
www.regupol.com

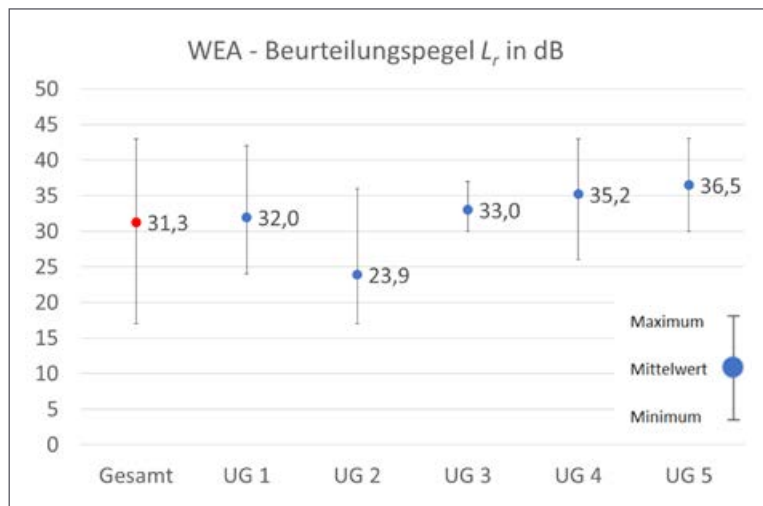


Abb. 8: 24-Stunden-Beurteilungspegel L_r der Geräuschimmissionen von Windenergieanlagen in den Untersuchungsgebieten

weiligen Genehmigungsverfahren oder – bei Nicht-Verfügbarkeit – stattdessen Vermessungsberichte des jeweiligen Anlagentyps als Eingangsdaten verwendet. Für die Standorte wurde das Geländemodell digital nachgebildet, wobei Gebäude keine Berücksichtigung fanden. Die Berechnungen wurden mit dem Programm Soundplan (Version 8.2) durchgeführt. Von den Befragungspersonen aus dem Wohnumfeld der Windenergieanlagen wurden insbesondere die folgenden Aspekte erhoben:

- Wohnsituation: Wohndauer, Wohnzufriedenheit, Haustyp, Etage, Eigentum/Miete;
- Belästigung durch Geräusche von Windenergieanlagen insgesamt, drinnen und draußen, erhoben nach ISO/TS 15666 [5] auf einer fünfstufigen Verbalskala von 1 = überhaupt nicht bis 5 = äußerst gestört oder belästigt;
- Belästigung durch Straßenverkehrslärm und sonstige Arten des Umgebungslärms erhoben auf der fünfstufigen Verbalskala nach ISO/TS 15666 [5];
- Störungen von Aktivitäten tagsüber (Kommunikation, Ruhe, Konzentration) und des Schlafs durch Geräusche von Windenergieanlagen orientiert an der fünfstufigen Belästigungsskala nach ISO/TS 15666;
- Wahrnehmung und Belästigung durch spezifische Merkmale der Geräusche von Windenergieanlagen, unter anderem Wuschen und (periodisches) Rauschen der Geräusche;
- Visuelle Aspekte der Windenergieanlagen wie Schattenwurf, Blinken des Hinderniskennzeichens, Drehbewegungen, Wirkung im Landschaftsbild;
- Einstellung zu den lokalen Windenergieanlagen;
- Beziehung zu Windenergieanlagen: Beschäftigungsverhältnis, finanzielle Beteiligung, Stromta-

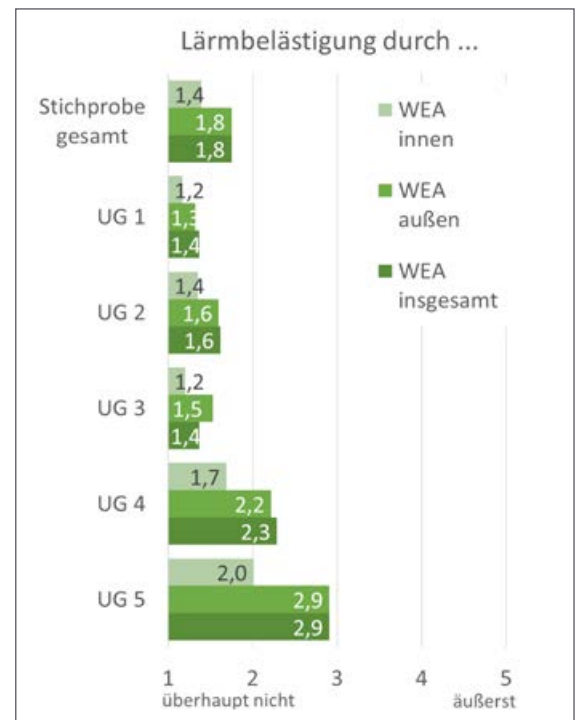


Abb. 9: Lärmbelästigung durch Geräuschimmissionen von Windenergieanlagen in den Untersuchungsgebieten (Skala: 1 = „überhaupt nicht“ bis 5 = „äußerst“ gestört oder belästigt)

rif, Beteiligung in einer auf die Windenergieanlagen bezogene Bürgerinitiative;

- Personenbezogene Angaben: Individuelle Lärmempfindlichkeit, allgemeines psychisches Stresserleben in den letzten vier Wochen (Perceived Stress Scale, PSS-10 [6]), soziodemographische Angaben.

Die Befragungspersonen wurden per Zufall auf Basis von Einwohnermeldeamtsdaten ausgewählt und in einem Anschreiben über die Befragung informiert und um Teilnahme gebeten. Die Befragungen erfolgten telefonisch oder optional online. Sie fanden im Zeitraum von November 2019 bis Februar 2021 mit COVID-19-bedingter Unterbrechung zwischen April 2020 und Oktober 2020 statt – an jedem Standort nach Abschluss der Langzeitmessungen.

Insgesamt liegen aus dieser Befragungsstudie Befragungs- und Geräuschpegelraten von 463 Personen vor. Davon sind 52 % Frauen, 47 % Männer. Das Durchschnittsalter liegt bei 59 Jahren mit einer Spannweite von 19 bis 91 Jahren.

Ergebnisse der Befragungsstudie

Im Durchschnitt treten an den Wohnadressen der befragten Personen Geräuschimmissionen von den Windenergieanlagen in Höhe von 31 dB im 24-Stunden-Beurteilungspegel L_r bei einer Spannweite von $16 \text{ dB} \leq L_r \leq 43 \text{ dB}$ auf. Die durchschnittlichen Beurteilungspegel unterscheiden sich dabei

zwischen den Untersuchungsstandorten ein wenig, wobei insbesondere am Standort UG 2 der durchschnittliche Pegel mit $L_r = 23,9$ dB niedriger ausfällt als an den übrigen Standorten mit durchschnittlich $32 \text{ dB} \leq L_r \leq 36,5 \text{ dB}$ (vgl. Abb. 8).

Die Lärmbelästigung durch die Geräusche der Windenergieanlagen folgt dem nur teilweise, wie Abbildung 9 zeigt. Zwar sind an den Standorten UG 4 und UG 5 sowohl die Lärmbelästigung durch Windenergieanlagen Geräusche (WEA-Lärmbelästigung) als auch der durchschnittliche Beurteilungspegel am höchsten, allerdings findet sich die niedrigste durchschnittliche WEA-Lärmbelästigung an den Standorten UG 1 und UG 3, aber nicht am Standort UG 2, dem Untersuchungsgebiet mit dem durchschnittlich niedrigsten Beurteilungspegel. Entsprechend weisen die statistischen Korrelationen zwischen den individuellen Beurteilungspegeln L_r und der WEA-Lärmbelästigung der Untersuchungspersonen mit $r = 0,263$ für die WEA-Lärmbelästigung insgesamt, $r = 0,219$ für die WEA-Lärmbelästigung innen und $r = 0,272$ für die WEA-Lärmbelästigung außen auf einen zwar statistisch signifikanten Zusammenhang ($p < 0,001$), allerdings in kleiner Effektstärke [6] hin. Der geringe statistische Zusammenhang zwischen der WEA-Lärmbelästigung und dem Beurteilungspegel L_r legt nahe, dass weitere akustische und/oder Kontextfaktoren die Lärmbelästigung beeinflussen. Die Belästigungsunterschiede bleiben zwischen den Untersuchungsstandorten auch bei Kontrolle des Beurteilungspegel statistisch signifikant, wie die Ergebnisse einer Kovarianzanalyse zur WEA-Lärmbelästigung insgesamt mit dem Beurteilungspegel als Kovariate und dem Standort als unabhängige Variable zeigen ($F_{\text{Standort}}(4,457) = 24,5$, $p < 0,001$). Post-hoc-Tests zur Analyse von Einzelunterschieden zwischen den Gebieten ergaben, dass der Grad der WEA-Lärmbelästigungsurteile in den Gebieten UG 1 und UG 3 statistisch signifikant niedriger ist als in den übrigen Gebieten, während sich die adjustierte WEA-Lärmbelästigung insgesamt in den Gebieten UG 2, 4 und 5 statistisch nicht signifikant voneinander unterscheiden.

Tabelle 2 gibt Hinweis auf eine Korrespondenz in den Belästigungsunterschieden zwischen den Untersuchungsstandorten und der Auftrittshäufigkeit der erkannten periodischen Amplitudenmodulationen (AM), wobei die Belästigungswerte (Randmittelwerte) bereits nach Standortunterschieden im Beurteilungspegel adjustiert wurden: In den Untersuchungsgebieten, in denen die Auftrittshäufigkeit der periodischen AM niedriger ist (UG 1 und UG 3), ist auch die nach Beurteilungspegel adjustierte WEA-Lärmbelästigung niedriger.

Auch das Ausmaß, in dem die Befragungspersonen

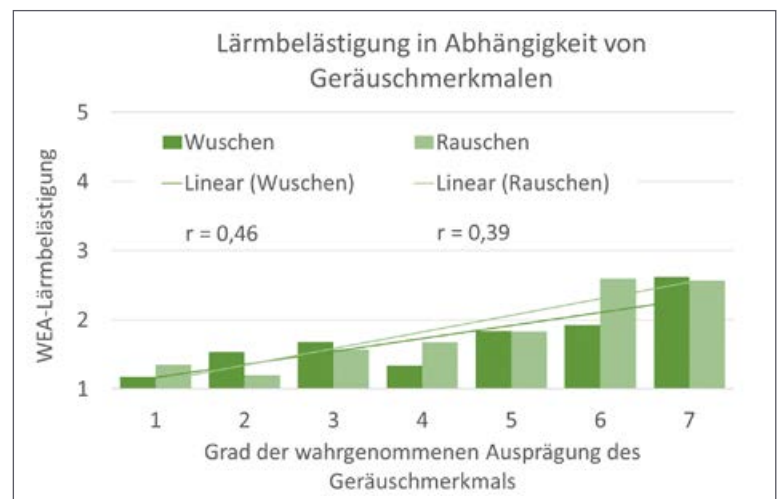
Tab. 2: Lärmbelästigung durch Geräusche von Windenergieanlagen und Auftrittshäufigkeit erkannter periodischer Amplitudenmodulationen (AM)

	WEA-Lärmbelästigung gesamt *	Auftrittshäufigkeit erkannter periodischer AM in %
UG 1	1,3	10,8
UG 2	2,1	47,4
UG 3	1,2	1,7
UG 4	2,1	42,0
UG 5	2,6	22,3

* Randmittelwert, d.h. adjustiert nach Beurteilungspegel L_r ; Belästigungsskala: 1 = „überhaupt nicht“ bis 5 = „äußerst“

die WEA-Geräusche als „Wuschen“ oder (periodisches) „Rauschen“ beschreiben, ist mit dem Grad der WEA-Lärmbelästigung assoziiert. Je stärker die Befragungspersonen die WEA-Geräusche als ein „Wuschen“ bzw. „Rauschen“ wahrnehmen, desto höher fällt der Grad der WEA-Belästigung insgesamt aus (siehe Abb. 10). Dabei ist davon auszugehen, dass diese Geräuschmerkmale Ausdruck der subjektiven Wahrnehmung von Amplitudenmodulationen sind. Aber auch nicht-akustische Faktoren tragen neben dem Beurteilungspegel L_r zur WEA-Lärmbelästigung bei. Dazu zählen vor allem visuelle Aspekte der lokalen Windenergieanlagen, die als belästigend wahrgenommen werden wie Schattenwurf, blinkende Hinderniskennzeichen, die Drehbewegungen der Rotoren und der Anblick der Anlagen im Verhältnis zum Landschaftsbild. Ebenso sind Einstellungen zu den lokalen Windenergieanlagen mit der WEA-Lärmbelästigung assoziiert. Dazu zählen die Wahrnehmung, dass sie den Aufenthalt und die Erholung

Abb. 10: Zusammenhang zwischen der Wahrnehmung der WEA-Geräusche als „Wuschen“ bzw. „Rauschen“ und der WEA-Lärmbelästigung insgesamt



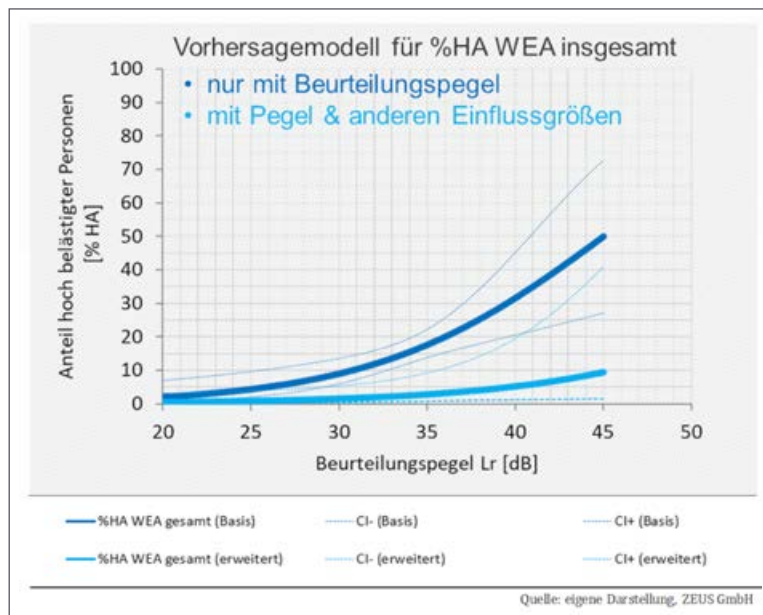


Abb. 11: Expositions-Wirkungsbeziehung zum Prozentanteil durch Windenergieanlagen insgesamt hoch lärmbeeinträchtigter Personen (% HA)

im Freien beeinträchtigen, negative ökonomische Konsequenzen für das Wohngebiet haben (u.a. Wertminderung von Grundstücken, Mangel an Weiterentwicklung der Region) und umgekehrt wahrgenommene positive Konsequenzen (neue Arbeitsplätze, sinkende Stromkosten). Je höher der Grad der Belästigung durch visuelle Aspekte der Windenergieanlagen ist, desto höher ist die Lärmbelästigung ($r = 0,74$; $p < 0,001$). Der Zusammenhang ist recht groß, weswegen einige Autoren auch vorschlagen, bereichsspezifische Belästigungen getrennt für Augen und Ohren zu einer aggregierten Belästigung durch Windenergieanlagen zusammenzufassen [7] [8]. Bei den Einstellungen zeigt sich, dass die WEA-Lärmbelästigung insgesamt umso höher ist, je mehr Aufenthalt und Erholung im Freien als beeinträchtigt wahrgenommen werden ($r = 0,68$; $p < 0,001$), negative Konsequenzen für das Wohngebiet befürchtet werden ($r = 0,44$; $p < 0,001$) und je weniger die positiven Konsequenzen für das Wohngebiet wahrgenommen werden ($r = -0,31$; $p < 0,001$).

Abbildung 11 zeigt die Expositions-Wirkungskurven für den Prozentanteil durch Windenergieanlagen-geräusche insgesamt hoch lärmbeeinträchtigter Personen (% HAV; % highly annoyed, gemäß Definition nach ISO/TS 15666) bezogen auf den Beurteilungspegel L_r . Abgebildet sind zwei Kurven und deren obere und untere Grenzen des 95 %-Konfidenzintervalls (CI). Die obere, dunkelblaue Kurve in Abbildung 11 beruht auf einer einfachen logistischen Regression des % HA-Anteils auf den Beurteilungspegel L_r (Basismodell). Danach liegt etwa ein % HA-Anteil von 10 % bei $L_r = 31$ dB, ein % HA-Anteil von 25 % bei $L_r = 38$ dB und ein % HA-Anteil von 50 % bei $L_r = 45$ dB.

Die untere, hellblaue Kurve in Abbildung 11 basiert auf einer multiplen Regression des % HA-Anteils auf die Einflussgrößen Beurteilungspegel (L_r), Lärmempfindlichkeit, psychischer Stress, Einstellungen zu den lokalen Windenergieanlagen, visuelle Belästigung durch die Windenergieanlagen, wahrgenommenen Geräuschmerkmale, darunter das Wuschen und (periodische) Rauschen (erweitertes Modell). Es zeigt sich, dass mit dem Einbezug der weiteren Einflussgrößen in das Vorhersagemodell die Expositions-Wirkungskurve zum % HA-Anteil niedriger ausfällt. Die hellblaue Kurve ist nicht so zu verstehen, dass mit Hinzunahme der weiteren Einflussfaktoren die Lärmbelästigung der betroffenen Anwohnerinnen und Anwohner absolut gesehen sinkt, sondern dass in dem Vorhersagemodell die weiteren Einflussfaktoren dem Beurteilungspegel einen Teil der Varianzaufklärung des % HA-Anteils nehmen, d.h. der Beurteilungspegel im Kontext der übrigen Faktoren an Bedeutung zur Vorhersage des % HA-Anteils verliert.

Ein wesentliches Ergebnis der Befragungsstudie im Hinblick auf die Rolle amplitudenmodulierter Geräusche von Windenergieanlagen ist, dass die WEA-Lärmbelästigung neben dem Beurteilungspegel L_r und weiteren nicht-akustischen Kontextfaktoren mit der Wahrnehmung des Geräuschmerkmals „Wuschen“ assoziiert ist und Belästigungsunterschiede zwischen den Standorten der Windenergieanlagen weitgehend mit Unterschieden in der Auftrittshäufigkeit periodischer Amplitudenmodulationen korrespondiert. Eine wie diese Befragung als Querschnittsstudie angelegte Untersuchung verweist auf Zusammenhänge, erlaubt aber im strengen Sinne keine Ursache-Wirkungs-Aussage im Hinblick auf den Belästigungseffekt von Amplitudenmodulationen. Aus diesem Grund wurde als dritter Baustein des gesamten Vorhabens ein Hörversuch unter kontrollierten Bedingungen zum Einfluss amplitudenmodulierter Geräusche von Windenergieanlagen auf die Kurzzeitbelästigung durchgeführt.

Baustein 3 Hörversuche zur Wirkung amplitudenmodulierter Geräusche

Im Rahmen der psychoakustischen Hörversuche wurde an 3 der 5 Untersuchungsgebieten der spezielle Einfluss von AM auf die Lästigkeit untersucht. Die Ergebnisse wurden um eine weitere Messreihe mit typischerweise nicht von den Lärmemissionen von WEAs betroffenen Probanden ergänzt. Ziel dieses Teils der Studie ist es, einen Bezug zwischen den Lästigkeitswirkungen verschiedener Immissionspegel und unterschiedlich starker AM von WEA herzustellen. Die Untersuchungen orientieren sich an vergleichbaren Studien [9]-[11] und berücksichtigen beim Design des Hörversuches und der Auswahl der Stimuli die dort gefundenen Ergebnisse.

Aufbau und Durchführung

Die verwendeten Stimuli wurden aus Aufnahmen im Regelbetrieb an zwei der fünf Untersuchungsgebiete erstellt, und es wurden manuell Abschnitte extrahiert, in denen die im Hörversuch verwendeten Nennwerte der AM von 2 dB, 4 dB, 6 dB und 8 dB möglichst genau erreicht wurden (max. Abweichung $\pm 0,4$ dB). Dabei wurde als Maß für die auftretenden AM der $L_{HP,05} - L_{HP,95}$ genutzt, also die Differenz zwischen den Perzentilwerten P5 und P95 des hochpassgefilterten Signals bei der Betrachtung einer einzelnen AM. Dieses Maß für die AM wurde in vergleichbarer Form auch in [9], [10] angewendet. Alle verwendeten Stimuli wiesen eine konstante für WEA typische Periodendauer auf, die bis auf einen Stimuli bei $1,2 \pm 0,1$ s lag. Wie im Detail in [12] beschrieben, wurden die extrahierten Abschnitte geeignet zu einer Gesamtlänge von jeweils 25 s aneinandergefügt. In dem Hörversuch wurden die Stimuli über geschlossene Kopfhörer (AKG K 271) mit für WEA typischen Immissionspegeln von 32 dB(A), 35 dB(A), 38 dB(A) und 41 dB(A) dargeboten.

Drei der vier Hörversuchsserien wurden mit Probanden aus den entsprechenden Untersuchungsgebieten durchgeführt. Die Probanden waren im Rahmen der Befragungen (Abschnitt 2) auf die Hörversuche aufmerksam gemacht worden. Sie waren somit mit Lärmwirkungen von WEA vertraut oder zumindest über die Lärmproblematik informiert. Die Teilnahme an den Hörversuchen fand in einem öffentlichen Gebäude in dem jeweiligen Ort statt (Bürgerhaus oder Gemeindezentrum). Zusätzlich wurde eine vierte Hörversuchsreihe an der TH Köln als Kontrollversuch mit Studierenden oder wissenschaftlichem Personal durchgeführt, die zum großen Teil weder Betroffene von WEA-Lärm sind, noch über detaillierte Kenntnisse zu dieser Problematik verfügen. An den Hörversuchen nahmen insgesamt 79 Personen (50 männlich, 29 weiblich) mit einem Durchschnittsalter von 56 Jahren teil.

Die Durchführung der Hörversuche erfolgte in der Form von „Fokustests“, d.h. die Teilnehmer sollten bewusst auf die dargebotenen Stimuli hören und diese während oder direkt nach der Wiedergabe bewerten. Damit sich die Probanden vor dem Start des eigentlichen Experimentes an den Ablauf und an die Unterschiedlichkeit der dargebotenen Stimuli gewöhnen konnten, wurden zu Beginn fünf Stimuli präsentiert, die nicht in die Auswertung einbezogen wurden. Im weiteren Verlauf wurde jeder Stimulus von jedem Probanden genau einmal bewertet.

Die Bewertung der Lästigkeit wurde basierend auf der 11-Punkte-Skala der ISO/TS 15666 [5] bestimmt. Diese Skala umfasst 11 Werte von 0 – 10. Hierbei entspricht der Wert 0 „überhaupt nicht lästig“, der Wert

10 der maximalen Lästigkeit. Die Skala wurde bereits in [9] für die Lästigkeit von WEA evaluiert. Basierend auf der ISO/TS 15666 [5] bewerteten die Probanden die Lästigkeit, indem sie die folgende Frage beantworteten [in Deutsch, modifiziert aus ISO/TS 15666]: „Wenn Sie sich vorstellen, dass dies die Klagsituation in Ihrem Garten ist, welche Zahl von 0 bis 10 repräsentiert am besten, wie sehr Sie sich dadurch belästigt, gestört oder geärgert fühlen würden?“.

Ergebnisse

Da es für die weitere Auswertung nicht wesentlich war, inwieweit die Absolutwerte zwischen den Probanden z. B. aufgrund unterschiedlicher Skalenverankerung schwanken, wurden die Ergebnisse in einem ersten Schritt pro Proband normalisiert (mittelwertbefreit) und dadurch die Zwischen-Subjekt-Varianz stark reduziert. Die Varianzanalyse zeigte starke signifikante Haupteffekte für AM [$F(4,324) = 80,08$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,50$; $\epsilon = 0,37$] und Pegel [$F(3,243) = 181,11$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,69$; $\epsilon = 0,49$], sowie mit einer wesentlich geringeren Effektstärke auch für den Aufnahmeort [$F(1,81) = 7,53$; $p = 0,007$; $\eta_p^2 = 0,09$; $\epsilon = 1$]. Somit kann der größte Anteil der Unterschiede zwischen den Beurteilungen durch den Pegel des Signals und die Stärke der AM erklärt werden. Der Aufnahmeort hat allerdings auch einen schwachen, aber dennoch signifikanten Einfluss. Dies lässt sich durch unterschiedliche Charakteristika der Stimuli aufgrund variierender Anzahl und Typen von WEA und aufgrund unterschiedlicher Entfernungen zu den WEA an den verschiedenen Aufnahmeorten erklären. Weiterhin wurden die Mittelwerte und die Konfidenzintervalle der Beurteilungen untersucht. Abbildung 12 zeigt die normalisierten Lästigkeiten in Abhängigkeit von der AM und dem im Hörversuch dargebotenen Immissionspegeln. Da unsere Untersuchungen keine maßgeblichen Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Kontrollgruppe an der TH Köln und den Ergebnissen an den Standorten der WEA zeigten und der Aufnahmeort nur mit einer geringen Effektstärke in die Beurteilungen eingeht, wurden in Abbildung 12 die Ergebnisse über alle Hörversuchs- und Aufnahmeorte gemittelt dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Lästigkeit sowohl mit größer werdender AM als auch mit zunehmendem Immissionspegel ansteigt. Weiterhin lässt sich aus den Abbildungen der stärkste Anstieg der Lästigkeit zwischen 0 dB und 2 dB AM erkennen, d.h. dann, wenn die AM gerade wahrnehmbar wird. Die Ergebnisse der Hörversuche stimmen mit denen von Schäffer et al. [9] überein, die ebenfalls zeigten, dass sich durch die AM die Lästigkeit erhöhte. Weiterhin bestätigen die Hörversuchsergebnisse Resultate aus [11] (Abbildung 9.4, S. 201), in der

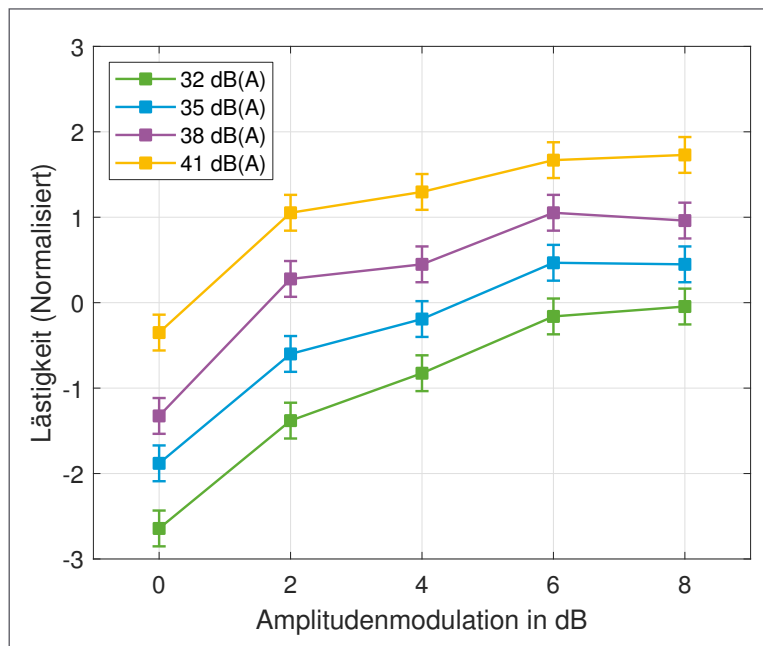


Abb. 12: Normalisierte Lästigkeitsurteile (y-Achse) in Abhängigkeit von der AM (x-Achse) und von dem dargebotenen Immissionspegel (siehe Legende). Dargestellt sind die über die Probanden gemittelten normalisierten Lästigkeitsbewertungen gemittelt über alle Hörversuchs- und alle Aufnahmeorte, sowie die 95 % Inner-Subjekt-Konfidenzintervalle des Haupteffekts für den Faktor AM.

ein stärkerer Anstieg der Lästigkeit für geringe AM festgestellt wurde. Es erscheint sinnvoll, im Falle von perzeptiv wahrnehmbaren AM von einer erhöhten Lästigkeit von Windenergieanlagen auszugehen. Bei einer detaillierteren Betrachtung kann auch eine Berücksichtigung in Abhängigkeit von der Stärke der AM erfolgen. Allerdings müssen die hier gefundenen Ergebnisse insbesondere dahingehend weiter evaluiert werden, inwieweit die hier in Fokustests ermittelten Ergebnisse auf die Lästigkeit unter natürlichen Rahmenbedingungen übertragen werden können.

Diskussion

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Geräuschwirkungen bei der Nutzung von Windenergie an Land“ im Auftrag des Umweltbundesamtes wurden zahlreiche Aspekte der Geräuschwirkungen der Nutzung von Windenergieanlagen an Land untersucht.

Windenergieanlagen verfügen über eine besondere Geräuschcharakteristik. Diese wurde von Befragten im Umfeld der untersuchten Gebiete insbesondere als „Rauschen“ (womit sie nicht nur kontinuierliches Rauschen, sondern auch „Rauschen in Intervallen“ meinen) oder „Wuschen“ beschrieben. In der akustischen Messtechnik werden diese sich periodisch wiederholenden Geräusche von Windenergieanlagen als Amplitudenmodulation (AM) bezeichnet. Durch die Langzeitschallmessungen konnten amplitudenmodulierte Geräusche an allen fünf Standorten

festgestellt werden. Der Median der Modulationstiefe betrug ca. 1,5 dB bis 2,5 dB (i. d. R. unabhängig von Leistung und Windrichtung). AM wurde sowohl bei geringen als auch bei hohen Immissionspegeln festgestellt. In den untersuchten Gebieten hatten insbesondere der Abstand zur Anlage und die Anzahl der Anlagen einen Einfluss auf die Häufigkeit der amplitudenmodulierten Geräusche und auf die Modulationstiefe. Je mehr Anlagen vorhanden sind, desto weniger ausgeprägt ist die AM. Je größer der Abstand, desto weniger stark ausgeprägt ist die AM. Auf Grund der Unterschiedlichkeiten der Untersuchungsgebiete kann diese Aussage nur bedingt auf andere Standorte übertragen werden.

In den Untersuchungsgebieten wurden Anwohner zur Belästigung durch Geräusche der Windenergieanlagen befragt. Sie waren einer berechneten Geräuschimmissionsbelastung mit einem adressgenau prognostizierten Beurteilungspegel L_r von im Mittel 31 dB in einem Pegelbereich von 16 dB bis 43 dB ausgesetzt. Anhand der Befragungsdaten und Beurteilungspegel wurde die Expositions-Wirkungsbeziehung zum Prozentanteil hoch belastiger Personen (% HA) mittels logistischer Regressionen berechnet. Die Analysen zeigen, dass mit zunehmendem Beurteilungspegel der % HA-Anteil ansteigt. Die lineare Korrelation zwischen Beurteilungspegel und Lärmbelästigung der Anwohnenden, d. h. der Grad, in dem Beurteilungspegel der WEA-Geräusche und Lärmbelästigungsurteil kovariieren, ist mit $r=0,26$ (für die WEA-Lärmbelästigung insgesamt) allerdings geringer als von anderen Quellen des Umgebungslärms, z. B. Straßenverkehr, bekannt ist (vgl. [13]).

Werden weitere Einflussgrößen der Belästigung durch Geräusche von Windenergieanlagen in die Modellierung des % HA-Anteils hinzugefügt, reduziert sich der Erklärungsanteil des Beurteilungspegels.

Das heißt, dass weitere Kontextfaktoren für die Lärmbelästigung mindestens ebenso wesentlich sind wie der Beurteilungspegel. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen der internationalen Lärmwirkungsforschung [7], [8], [14], [15]. Um also in einem Wohngebiet rund um Windenergieanlagen die Belästigung durch WEA-Geräusche zu reduzieren, bedarf es eines holistischen Lärmmanagementansatzes, der die akustischen Aspekte ebenso wie die kontextuellen Einflüsse im Blick hat und Lösungsansätze in einem Gesamtansatz – im besten Fall unter Einbezug der Anwohnerschaft – verfolgt.

Aus der Befragungsstudie wird deutlich, dass AM eine wichtige Geräuscheigenschaft ist, die neben dem Beurteilungspegel mit der Lärmbelästigung von Anwohnenden assoziiert ist. Dies zeigt sich in der subjektiven Wahrnehmung des besonders belästigenden Geräuschmerkmals („Wuschen“) als

auch der weitgehenden Korrespondenz von Lärm-belästigung und Auftrittshäufigkeit der erkannten periodischen Amplitudenmodulationen. Konnte die Befragungsstudie Zusammenhänge zwischen Amplitudenmodulation und Lärm-belästigung von Anwohnenden aufzeigen, so konnte im dritten Baustein des Forschungsvorhabens, den Hörversuchen, der Effekt der Amplitudenmodulation auf die Kurzzeitbelästigung auch in kausaler Hinsicht untersucht und quantifiziert werden.

Hierzu wurden im Rahmen der Hörversuche amplitudenmodulierte Geräusche aus den Messungen unter laborähnlichen Bedingungen dargeboten und bewertet. Die teilnehmenden Personen bewerteten die amplitudenmodulierten Geräusche als deutlich lästiger als nicht-amplitudenmodulierte Geräusche. Auffällig war, dass die Lästigkeit deutlich ansteigt, sobald die AM wahrnehmbar ist. Inwieweit sich die in den Hörversuchen unter Laborbedingungen ermittelte Lästigkeit mit einer Erhöhung des mittleren Schalldruckpegels abgleichen lässt, sollte in Folgeuntersuchungen noch weiter evaluiert werden. Zumindest aber korrespondieren die Ergebnisse der Hörversuche mit den Ergebnissen der Befragungsstudie. Danach haben eine AM kennzeichnende Geräuschmerkmale, wie das „Wuschen“ oder das (pulsierend gemeinte) „Rauschen“, einen deutlichen Effekt auf die Lärm-belästigung, und die Lärm-belästigungsunterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten korrespondieren mit der Auftrittshäufigkeit der erkannten periodischen AM.

Mehr noch als die Geräuschpegel und die Amplitudenmodulation scheinen die optische Wahrnehmung der Windenergieanlagen ebenso wie die von den Menschen wahrgenommenen bzw. erwarteten negativen Auswirkungen der lokalen Anlagen für die eigene Region auf das Lärm-belästigungsurteil einzuwirken. Windenergieanlagen-Geräusche stellen demnach, wie es Schick [16] allgemein zum Konzept der Belästigung formulierte, nicht die alleinige Ursache, sondern einen Anlass zur Belästigung dar. Die Lärm-belästigung speist sich dabei möglicherweise aus verschiedenen akustischen und visuellen Merkmalen von Windenergieanlagen ebenso wie aus dem Kontext der Planung, Implementierung und des Betriebs dieser Anlagen. Auch aus diesem Grund schlagen verschiedene Autoren wie Michaud et al. [7] und Hübner et al. [8] die Erfassung eines kombinierten Belästigungskonzepts vor. Dieses fasst die verschiedenen akustischen und visuellen Merkmale von Windenergieanlagen zusammen, die potenziell belästigen können.

Um zu verstehen, warum Geräuschpegel allein die Lärm-belästigungsurteile nicht erklären können, muss man sich die Definition der Lärm-belästigung vor Augen halten. Lärm-belästigung ist keine reine

Schallreaktion. Sie beinhaltet die (1) wiederholte Erfahrung von Störungen durch die Geräusche und der Aufnahme von Verhaltensweisen, diesen Störungen zu entgehen. Sie beinhaltet weiterhin (2) eine emotionale Reaktion auf die Geräusche und durch sie verursachten Störungen und (3) einen wahrgenommenen Verlust an Kontrolle über die Lärmsituation [13]. Ein wahrgenommener Kontrollverlust kann sich ergeben, wenn sich im Wohnumfeld Veränderungen ergeben, die u.a. eine Änderung der Geräuschsituation beinhalten können und auf die die Anwohnenden selbst keinen Einfluss wahrnehmen. Dabei ist es nicht relevant, ob man tatsächlich keine Einflussmöglichkeiten oder Bewältigungsmöglichkeiten bzw. keine Kontrolle hat, sondern, ob Anwohnende diese subjektiv wahrnehmen [17]. Der Grundstein für diese Wahrnehmungen wird bereits bei der Planung der Errichtung von Windenergieanlagen gelegt. Umso wichtiger ist es, bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt der Planungen den Effekt des breiteren Kontextes von Windenergieanlagen und ihren Geräuschen auf die Lärm-belästigung zu berücksichtigen. Um die Akzeptanz von Windenergieanlagen zu erhöhen und Anwohnenden das Erleben von Kontrolle über die eigene Wohnsituation zu ermöglichen, sollte aus Sicht der Befragten der Nutzen für die Anwohnenden herausgestellt werden. Sie sollten frühzeitig in die Planung der Errichtung von Anlagen einbezogen werden. Das bedeutet nicht, die Situation schön zu reden; auch mögliche negative Veränderungen sollten transparent gemacht werden. Generell zählt das Vertrauen in Verantwortliche zu den wichtigsten Faktoren der Lärm-belästigung. Das gilt für die Belästigung durch Windenergieanlagenlärm [8] als auch für andere Lärmquellen, z. B. Fluglärm [18]. Wird dieses Vertrauen durch keine oder unvollständige Informationsgabe verspielt, löst dies das Lärm-belästigungsproblem nicht. Besser noch als eine reine Gabe von Informationen ist es, Anwohnende in Entscheidungsprozesse rund um die Errichtung von Windenergieanlagen so gut es geht einzubeziehen, um ein Kontroll- und Bewältigungserleben zu ermöglichen.

Literatur

- [1] TA Lärm – Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm) (GMBI Nr. 26/1998 S. 503), zuletzt geändert durch Bekanntmachung des BMUB vom 1. Juni 2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5) in Kraft getreten am 9. Juni 2017. 1998.
- [2] DIN ISO 9613-2 DIN ISO 9613-2: Akustik – Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien – Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren, Beuth Verlag GmbH, Berlin. 1999.
- [3] LAI – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz: Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (WKA). Überarbeiteter Entwurf vom 17.03.2016 mit Änderungen PhysE vom 23.06.2016,

**Sebastian
Schmitter**

deBAKOM GmbH,
Odenthal

**Alexander Alaimo
Di Loro**

deBAKOM GmbH,
Odenthal

**Christoph
Pörschmann**
TH Köln

**Johannes M.
Arend**
TH Köln

Stephan Großarth
ZEUS GmbH,
Hagen

**Dirk
Schreckenberger**
ZEUS GmbH,
Hagen

- Stand 30.06.2016. https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/20171201-top09_1_anlage_lai_hinweise_wka_stand_2016_06_30_veroeffentlicht_2_1512116255.pdf
- [4] DIN – Deutsches Institut für Normung: NA 001-02-03-19 UA „Schallausbreitung im Freien“. Dokumentation zur Schallausbreitung – Interimsverfahren für Windkraftanlagen, Fassung 2015-05.1. 2015. <https://www.din.de/resource/blob/187138/eb8abdf16f058490895cc3105f700533/interimsverfahren-data.pdf>
- [5] International Organization for Standardization: ISO/TS 15666 (ISO/TS 15666:2021-05). Acoustics – Assessment of Noise Annoyance by Means of Social and Socio-Acoustic Surveys. ISO TC 43/SC 1. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland, 2021.
- [6] Cohen, S.; Williamson, G.M.: Perceived stress in a probability sample of the United States. In: S. Pacepan & S. Os-kamp (Eds.). The social psychology of Health. Newbury Park, CA: Sage. 1988.
- [7] Michaud, D. S. et al.: Derivation and application of composite annoyance reaction construct based on multiple wind turbine features. Canadian J Public Health, Vol. 109, p. 242–251, 2018.
- [8] Hübner, G. et al.: Monitoring annoyance and stress effects of wind turbines on nearby residents: A comparison of U.S. and European samples. Environ Int, Vol. 132, p. 105090, 2019.
- [9] Schäffer, B. et al.: Short-term annoyance reactions to stationary and time-varying wind turbine and road traffic noise: A laboratory study. J. Acoust. Soc. Am., Vol. 139, No. 5, p. 2949, 2016.
- [10] Schäffer, B.; Pieren, R.; Schlittmeier, S. J.; Brink, M.; Heutschi, K.: Annoyance to wind turbine noise – influence of different acoustical characteristics. In: Proceedings of the Internoise, 2017.
- [11] von Hünenbein, S.; King, A.; Piper, B.; Cand, M.: Wind turbine amplitude modulation: research to improve understanding as to its cause & effect. 2013.
- [12] Pörschmann, C.; Großarth, S.; Arend, J. M.; Schmitter, S.; Schreckenberger, D.; Wunder, K.: Amplitude modulations increase annoyance due to wind turbine noise immission. Proc. Internoise, 2021. <https://doi.org/10.3397/IN-2021-2589>
- [13] Guski, R. et al.: WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. Int J Env Res Public Health, Vol. 14, p. 1539, 2017.
- [14] Freiberg, A. et al.: Health effects of wind turbines on humans in residential settings: Results of a scoping review. Environ Res, Vol. 169, p. 446–463, 2019.
- [15] van Kamp, I.; van den Berg, F.: Health Effects Related to Wind Turbine Sound, Including Low-Frequency Sound and Infrasound. Aus: Ac Soc, Vol. 46, p. 31–57, 2018.
- [16] Schick, A.: Das Konzept der Belästigung in der Lärmforschung. Pabst Science Publishers, Lengerich, 1997.
- [17] Glass, D. C.; Singer, J. E.: Urban stress. Experiments on noise and social stressors. Academic Press, New York, 1972.
- [18] Schreckenberger, D. et al.: Attitudes towards authorities and aircraft noise annoyance. Sensitivity analyses on the relationship between non-acoustical factors and annoyance. Proceedings of the 12th ICBEN Congress on Noise as a Public Health Problem, June 18-22, 2017. Zurich, Switzerland, 2017. ■



**Das Original.
Glatte, fugenlose Akustiklösungen.**



Der Balanceakt des räumlichen Gehörs

Robert Baumgartner

Das räumliche Gehör ermöglicht es, Schallquellen von Interesse zu lokalisieren und selektiv auf sie zu achten. Es erleichtert somit die Kommunikation in komplexen Umgebungen und stellt gleichzeitig einen wichtigen Warnmechanismus dar. Das Gehör schließt aus mehreren akustischen Hinweisen auf die räumliche Lage einer Quelle und nimmt diese als externalisiertes Hörobjekt wahr. Vorwissen fließt ein, um die Wahrnehmung robuster zu gestalten, wobei deren Reliabilität berücksichtigt werden muss, um dennoch anpassungsfähig zu bleiben. Auch Lernprozesse müssen so reguliert sein, dass Robustheit und Anpassungsfähigkeit gleichermaßen gewährleistet sind. Es gibt also eine Reihe an teils gegenläufigen Mechanismen, die es im Zusammenhang mit räumlichem Hören zu verstehen gibt. Inwiefern unnatürliche akustische Gegebenheiten das Zusammenspiel beeinträchtigen können, wird an Beispielstudien zur Externalisierungswahrnehmung und zu räumlich selektiver Aufmerksamkeit aufgezeigt.

Einleitung

Wir sind häufig komplexen akustischen Umgebungen mit mehreren Schallquellen ausgesetzt. Räumliches Hören ermöglicht uns dabei einzelne Schallquellen zu lokalisieren und unsere Aufmerksamkeit gezielt auf sie zu richten. Die Aufmerksamkeit kann bewusst von uns gelenkt werden, um beispielsweise einem Gespräch zu folgen, sie kann aber auch durch bestimmte Reize gelenkt sein, um uns beispielsweise vor Gefahrenquellen zu schützen. Man unterscheidet demnach zwischen endogener oder auch absteigender und exogener oder aufsteigender Aufmerksamkeitslenkung. Ein stimmiges Zusammenspiel dieser beiden gegenläufigen Prozesse ist wichtig, um lokale Fokussierung und globale Überwachung gleichzeitig zu realisieren. Darüber hinaus ist es wichtig, Robustheit und Anpassungsfähigkeit von räumlichen Repräsentationen gleichermaßen zu bewerkstelligen, sowohl hinsichtlich akuter als auch langfristiger Veränderungen von akustischen Gegebenheiten. Wie die Balance auf unterschiedlichen Ebenen stattfinden kann, wird in weiterer Folge genauer beleuchtet.

Räumliche Inferenz

Sowohl Lokalisierung als auch räumliche Aufmerksamkeitslenkung basieren auf der Fähigkeit, räumli-

The balancing act of spatial hearing

Spatial hearing makes it possible to locate sound sources of interest and selectively attend to them. It thus facilitates communication in complex environments while providing an important warning mechanism. Hearing infers the spatial location of a source from multiple acoustic cues and results in the perception of an externalized auditory object. In order to make perception more robust, prior knowledge is incorporated, and prior reliability must be taken into account in order to remain adaptive. Learning processes must also be regulated in such a way that robustness and adaptability are equally guaranteed. Thus, there are a number of partly counteracting mechanisms to be understood in the context of spatial hearing. The extent to which unnatural acoustic conditions can interfere with this interaction will be illustrated by example studies on externalizing perception and spatial selective attention.

che Information aus dem Gehörten zu extrahieren. Im Sinne von perzeptiver Inferenz versucht das Gehirn basierend auf sensorischer Information und Vorerfahrung die unbekannten Zustände in der Umgebung zu ermitteln. Die angenommenen Zustände bilden ein internes Modell der Umgebung [1]. Dieses Modell kann wiederum verwendet werden, um Vorhersagen zu generieren und damit eine möglichst effiziente und kontrollierte Interaktion mit einer sich ständig veränderbaren Umgebung zu ermöglichen [2]. Illusionen ergeben sich als logische Konsequenz der Modellannahmen. Rein reaktive sensorische Verarbeitung wäre langsam und ineffizient. Vorhersagegetriebene Wahrnehmung ist hingegen schnell und bei guter Vorhersage insofern effizient, dass immer nur der Vorhersagefehler, nicht aber die gesamte sensorische Information ausgewertet werden muss, um sich Veränderungen anzupassen [3].

Robustheit und Anpassungsfähigkeit

Durch die gleichzeitige Berücksichtigung von Vorwissen und akuter sensorischer Evidenz lässt sich Robustheit erhöhen und Unsicherheit reduzieren. Statistisch betrachtet lässt sich die optimale Kombination dieser beiden Komponenten durch den Satz von Bayes formalisieren (siehe Abbildung 1a).

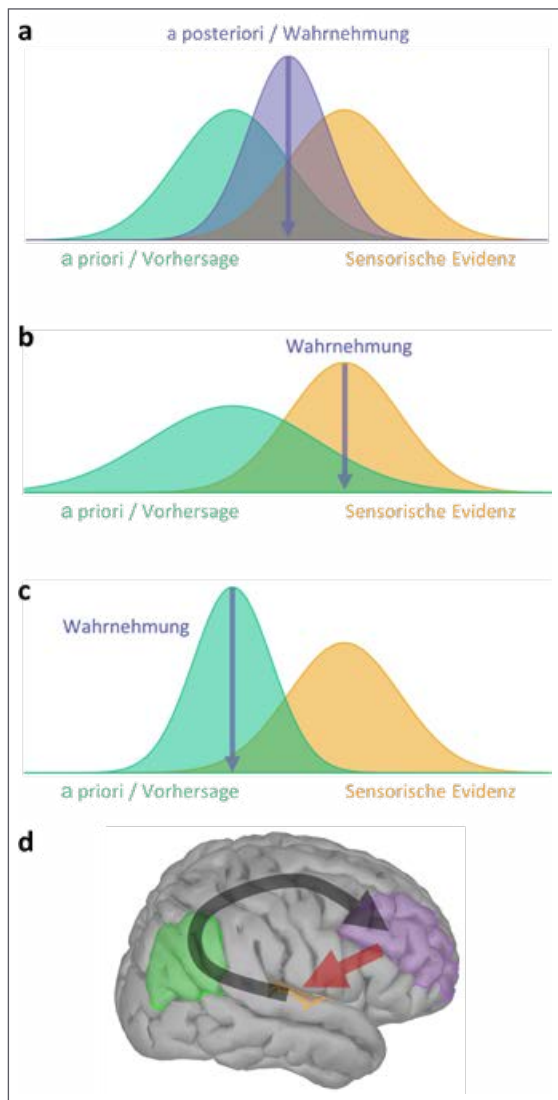


Abb. 1: Probabilistische Ansätze zur Entscheidungsfindung und das zugehörige kortikale Netzwerk für räumliches Hören.

a) Statistisch optimale Wahrnehmungsentscheidung durch Bayessche Auswertung von a-posteriori-Wahrscheinlichkeiten mittels Multiplikation von Wahrscheinlichkeitsverteilungen der sensorischen Evidenz und a-priori-Information.

b+c) Statistische Selektion zwischen sensorischer Evidenz und a-priori-Information, abhängig von deren relativen Reliabilitäten.

d) Kortikales Netzwerk bestehend aus primärem auditiven Kortex und Planum Temporale im oberen Temporallappen (gelb), sensorischen Assoziationszentren im unteren Parietallappen (grün) und Zentren zur Handlungsplanung im vorderen Frontallappen (violett). Diese Areale sind über einen dorsalen Verarbeitungspfad verbunden (schwarzer Pfeil) und es gibt mehrere direkte und indirekte Pfade, über die zielgerichtete Anforderungen zurück an die sensorischen Areale übermittelt werden können (roter Pfeil).

Die Berechnung dieser Lösung erfordert zu jedem Auswertungszeitpunkt eine Multiplikation zweier Wahrscheinlichkeitsverteilungen, eine für die sensorische Evidenz und eine für das gesammelte Vorwissen (a-priori-Wahrscheinlichkeit). Da diese Berechnung zu aufwändig erscheint, um tatsächlich neuronal implementiert zu sein, ist man auf der Suche nach heuristischen Algorithmen, die diese Entscheidungsfindung effizienter erklären können [4]. Eine alternative, effizientere Entscheidungsstrategie wäre eine dynamische Selektion, die je nach relativer Reliabilität entweder die sensorische Evidenz (Abb. 1b) oder das Vorwissen (Abb. 1c) auswählt. Es existieren bereits Studien, z. B. [5], die dieses dynamische Verfahren unterstützen und aufzeigen, dass dadurch ein nahezu optimales Verhalten erzielt werden kann. Diese Studien beschäftigen sich aber fast ausschließlich mit dem Sehen, über das Hören weiß man vergleichsweise wenig.

Der Robustheit steht die Anpassungsfähigkeit gegenüber, um rasch auf Veränderungen in der Umgebung reagieren zu können. Auch unter diesem Gesichtspunkt hätte ein dynamisches Selektionsprinzip einen Vorteil in der Verarbeitungslatenz, denn starke sensorische Evidenz beziehungsweise ein großer Fehler in der Vorhersage dieser Evidenz kann hier den Einfluss von Vorwissen sofort eliminieren. Neben dieser akuten Wahrnehmungsentscheidung stellt sich auch die Frage, wie das Gehirn mit Mehrdeutigkeiten aus der Vergangenheit umgeht. Im Sinne des Bayesschen Ansatzes können hierfür alle potentiellen Möglichkeiten berücksichtigt werden oder aber nur eine oder wenige dominierende perzeptive Hypothesen verfolgt werden [6]. Es existiert also eine große mögliche Bandbreite hinsichtlich der Komplexität des berücksichtigten Vorwissens bzw. der internen Vorhersage, welche der sensorischen Evidenz gegenübergestellt wird.

Auf neuronaler Ebene werden diese Prozesse vermutlich durch ein Netzwerk mehrerer Gehirnareale realisiert (Abb. 1d) [7]. Die sensorische Evidenz wird zunächst vom auditiven Kortex und dem angrenzenden Planum Temporale im oberen Teil des Temporallappens verarbeitet (gelb). Entlang einem dorsalen Pfad folgen dann sensorimotorische Areale im Parietallappen, die als sensorische Assoziationszentren vermutlich das interne Modell und die daraus resultierenden Vorhersagen generieren (grün). Die motorischen Areale im oberen und vorderen Frontallappen bilden das Ende dieses Pfades und dienen vermutlich der Entscheidungsfindung (violett). Es gibt mehrere Möglichkeiten, wie ausgehend vom präfrontalen Kortex aufgabenspezifische Anforderungen an die sensorischen Areale rückgemeldet werden könnten (roter Pfeil). Es sind sowohl Verbindungen zum Planum Temporale und auditiven

Kortex als auch zu subkortikalen und limbischen Arealen bekannt. Somit ergibt sich ein komplexes rückgekoppeltes Gesamtsystem, das unter Einbezug der emotionalen Funktionseinheiten im limbischen System zielgerichtet in die Verarbeitung der sensorischen Evidenz einwirken kann.

Sensorische Evidenz

Welche Arten von sensorischer Evidenz stehen aber nun dem räumlichen Gehör zur Verfügung, um dieses Inferenzproblem zu lösen? Hinsichtlich der akustischen sensorischen Information kann zwischen zwei Arten von primären Richtungsmerkmalen unterschieden werden. Dabei handelt es sich zum einen um interaurale Unterschiede im Schalldruckpegel (Interaural Level Difference, ILD) und Ankunftszeitpunkt (Interaural Time Difference, ITD), die durch die räumliche Trennung der beiden Ohren verursacht werden. Zum anderen geht es um spektrale Richtungsprofile, die durch jegliche Reflexionen der eintreffenden Schallwelle am Körper erzeugt werden, bevor sie das Trommelfell erreichen. Eine sehr markante Richtcharakteristik bewirkt hierbei die menschliche Pinna im hohen Frequenzbereich ab ca. 5 kHz.

Die primären Richtungsmerkmale werden relativ zur Orientierung des Kopfes registriert. Sie befinden sich also zunächst in einem egozentrischen Bezugsrahmen mit dem Kopfmittelpunkt als Ursprungskoor­dinate (siehe Abbildung 2). Der binaurale Übertragungspfad für eine Quellposition wird im Englischen folglich als Head-Related Transfer Function (HRTF) bezeichnet. Interaurale Unterschiede geben Aufschluss über den Lateralwinkel der Quelle, welcher Richtungen zwischen links und rechts erfasst, nicht aber über die Distanz und den Polarwinkel, welcher sich über die Richtungen oben und unten sowie vorne und hinten erstreckt. Es ergibt sich demnach eine kegelförmige Oberfläche um die interaurale Achse zentriert – im Englischen als Cone of Confusion geläufig. Um diese räumliche Unsicherheit aufzulösen, können die spektralen Profile ausgewertet werden. Sie lassen jedoch nur auf die Distanz der Quelle schließen, sofern sie sich im akustischen und persönlichen Nahfeld befindet, also nicht weiter entfernt ist als etwa 1 m [8].

Die Verarbeitungsebenen dieser Merkmale sind recht unterschiedlich. Bereits im Hirnstamm werden interaurale Unterschiede frequenzspezifisch ausgewertet und spektrale Profile für die spätere Auswertung vorverarbeitet. Auf kortikaler Ebene existieren sowohl getrennte als auch kombinierte Repräsentationen der einzelnen Merkmale [9]. Entsprechend der Komplexität der Merkmalsextraktion ergeben sich auch unterschiedliche Verarbeitungslatenzen. Veränderungen von interauralen Unterschieden wer-

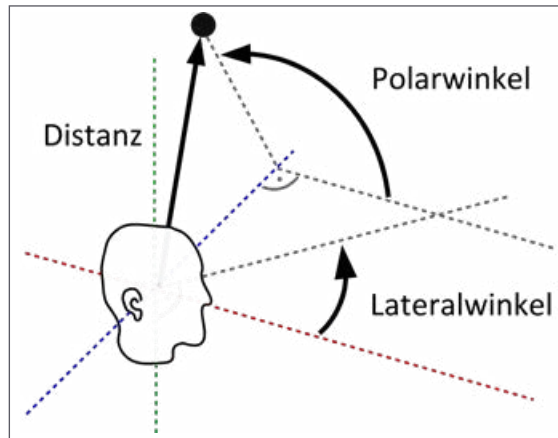


Abb. 2: Egozentrisches sphärisches Koordinatensystem mit Polen auf der interauralen Achse (blau). Der Lateralwinkel erstreckt sich von rechts (-90°) nach links ($+90^\circ$), der Polarwinkel von unten (-90°) über vorne (0°) und oben (90°) nach hinten (180°). Die Distanz wird ausgehend vom Zentrum des Kopfes gemessen.

den beispielsweise bereits nach 100 ms registriert, wohingegen die räumliche Zuordnung basierend auf spektralen Profilen in etwa die doppelte Verarbeitungslatenz aufweist [10]. Die Auswertung spektraler Profile beruht folglich auf Assoziationen, die in höheren Ebenen verarbeitet werden. Neue Assoziationen dieser Art sind erlernbar, ohne mit bereits existierenden zu interferieren [11], ähnlich wie das Erlernen neuer Synonyme in der Sprache.

Überwachtes Lernen und statistisches Lernen sind zwei unterschiedliche Mechanismen, die neuronale Plastizität ermöglichen. Statistisches Lernen bezieht sich auf die implizite Fähigkeit – mit oder ohne Aufmerksamkeit – Regelmäßigkeiten zu extrahieren und zu repräsentieren, wie z. B. häufig auftretende Klangmuster oder häufige akustische Übergänge. Überwachtes Lernen bezieht sich hingegen auf die Fähigkeit, Hörereignisse auf der Grundlage expliziter Rückmeldungen aufmerksam zu kodieren. Klar ist, dass die neuronale Verarbeitung in frühen Entwicklungsstadien deutlich plastischer ist als bei Erwachsenen. Wie die beiden Lernmechanismen beteiligt sind und reguliert werden, um eine dem Entwicklungsstand angepasste Balance zwischen Anpassungsfähigkeit und Robustheit zu gewährleisten, ist ein weiteres spannendes Thema [12].

Das Externalisierungsproblem

Unter künstlichen Hörbedingungen kann es leicht zu Reizkombinationen kommen, die sich nicht mit gelernten Mustern in Einklang bringen lassen. Das auditorische System ist in diesem Fall nicht in der Lage, eine Abbildung in einen allozentrischen, also welt-zentrierten, Bezugsrahmen vorzunehmen, und es resultiert keine externalisierte Distanzwahrneh-

mung. Während eine Lateralisierung entlang der interauralen Achse auch mit höchst artifiziellen Schallreizen (wie beispielsweise Sinustönen) funktioniert, erfordert eine scharfe Lokalisation im dreidimensionalen Raum zumeist akustische Gegebenheiten, die mit Erwartungen basierend auf gewohnten Hörumgebungen in Einklang zu bringen sind.

Um quantifizieren zu können, wie stark die Externalisierbarkeit von einzelnen Merkmalen abhängt und wie diese kombiniert werden, wurden Modelluntersuchungen vorgenommen [13, 14]. Dabei hat sich gezeigt, dass um eine hohe Externalisierbarkeit zu erreichen, Assoziationen basierend auf spektralen Profilen nicht nur monaural sondern auch interaural erweckt und Erwartungen bezüglich des interauralen Nachhallverhaltens erfüllt werden müssen. Die relative Gewichtung zwischen diesen spektralen Assoziationen und der Nachhallerwartung verschiebt sich mit zunehmender Intensität des Nachhalls. Diese Verschiebung lässt sich damit begründen, dass Nachhall Unsicherheit in der Auswertung der spektralen Profile hervorruft und das auditorische System ganz im Sinne der Bayesschen Inferenz dieser Information somit weniger Wichtigkeit zuordnet. Alternative Modellierungsansätze, die sich situationsbedingt immer nur auf ein Merkmal stützen, konnten die Versuchsergebnisse weniger gut erklären als dieser graduelle Gewichtungsansatz.

Aktive Inferenz und andere Informationsquellen

Trotz der Vielzahl an zur Verfügung stehender Information kann es zu Unsicherheiten kommen. Das Gehirn versucht Mehrdeutigkeiten daher auch durch gezielte Aktionen aufzulösen, man spricht von aktiver Inferenz [15]. So ermöglicht beispielsweise eine Rotation des Kopfes zu unterscheiden, ob sich eine Quelle vor oder hinter uns befindet. Um sensorimotorische Information von Kopfbewegungen und komplexere Assoziationen miteinzubeziehen, müssen unterschiedliche Bezugsrahmen kombiniert werden. Auf Wahrnehmungsebene ist letztlich das Ziel, eine allozentrische Repräsentation zu erreichen, die stabil ist gegenüber eigenen Bewegungen.

Über die primären Merkmale hinaus werden viele allgemeine Assoziationen und relative Vergleiche mit einbezogen, die in einem allozentrischen Bezugsrahmen registriert werden. So stellt zum Beispiel die Schallintensität ein wichtiges Distanzmerkmal dar, obwohl sie absolut gesehen keine Auskunft über die Distanz gibt, sondern nur wenn ihre Änderung über die Zeit oder bezüglich einer internen Referenz für bekannte Stimuli ausgewertet wird. Ein weiteres Beispiel ist die Frequenz-Elevations-Assoziation, bei der höhere Töne mit höherer Elevation in Verbindung gebracht werden [16]. Dieser Zusammenhang

hat sich sogar in unserer Sprache manifestiert. Darüber hinaus können auch kausale Zusammenhänge die räumliche Wahrnehmung beeinflussen. Eine flüsternde Stimme wirkt bei gleicher Schallintensität zum Beispiel näher als eine schreiende Stimme [17], weil das Gegenteil schlichtweg unplausibel wäre. Selbst unter Ausschluss von anderen sensorischen Modalitäten wie dem Sehsinn wird also eine Vielzahl unterschiedlicher Informationsquellen verwendet, um die Position einer Schallquelle zu bestimmen.

Räumliche Aufmerksamkeitslenkung

Um lokale Fokussierung und globale Überwachung gleichzeitig zu realisieren, geht man von einer stetigen Konkurrenz zwischen Wahrnehmungsobjekten aus, die sowohl durch den Stimulus selbst als auch durch bewusst gesteuerte Aufmerksamkeitslenkung beeinflusst werden kann [18]. Zu einem Zeitpunkt dominiert immer ein Objekt und rückt sozusagen in den Vordergrund, während der Rest als Hintergrund verschwimmt. Eine Veränderung dieses Zustands, also die Aufmerksamkeit auf ein anderes Objekt zu lenken, ist mit Aufwand verbunden.

Gewisse Reize schaffen es dennoch, diese Veränderung hervorzurufen. Das Gehör verarbeitet zum Beispiel Reize, die auf eine Annäherung hinweisen könnten, mit besonderer Priorität. Dieser Effekt wird in der Fachliteratur als Looming Bias bezeichnet. Auf Verhaltensebene zeigt sich diese Priorisierung oder erhöhte Salienz durch schnellere und akkuratere Antworten in Diskriminationsaufgaben, Überschätzungen von Reizänderungen und sogar schnelleren Lernfortschritten bei klassischer Konditionierung. Diese Tendenzen treten bei unterschiedlichen Spezies auf und wurden auch bereits bei Neugeborenen mittels audiovisuellen Verhaltensexperimenten nachgewiesen. Auf neuronaler Ebene geht die Priorisierung einher mit erhöhter Aktivität ab ca. 100 ms nach dem Beginn der Bewegung [19]. Welches Netzwerk an Gehirnarealen dafür verantwortlich gemacht werden kann, ist noch nicht endgültig geklärt, aber bisherige Hinweise sind im Einklang mit dem zuvor beschriebenen Netzwerk aus temporalen, parietalen und frontalen Arealen [20] (vgl. Abbildung 1d) und dem Einfluss von limbischen Zentren wie der Amygdala [21]. Während die exogene Aufmerksamkeitslenkung als Schutzmechanismus erklärt werden kann, ist die endogene Steuerung von räumlich selektiver Aufmerksamkeit wesentlich, um in vielen sozialen Alltagssituationen kommunizieren zu können. Diese Situation stellt zugleich ein fundamentales Problem vieler Nutzer von Hörhilfen dar. Es wurde deshalb untersucht, inwiefern inkonsistente Richtungsmerkmale Aufmerksamkeitsmechanismen in einer Hörsituation mit zwei konkurrierenden, örtlich getrennten (ca.

$\pm 30^\circ$ Azimut) Sprechern beeinträchtigen [22]. Die zu beachtende Richtung wurde über einen räumlichen Hinweisreiz vorgegeben. Sowohl der Hinweisreiz als auch die Ziel- und Distraktorreize wurden räumlich entweder durch die natürlich konsistente Information von ITD und ILD in Form von individuell gemessenen HRTFs kodiert oder es wurde diese ITD oder ILD unnatürlich isoliert verwendet. Es zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen natürlichen und unnatürlichen Repräsentationen in der neuronalen Verarbeitung. Nur unter der natürlichen Bedingung rief der Hinweisreiz in Vorbereitung zum Zielreiz eine signifikante Lateralisierung von parietaler alpha-Band-Aktivität (8–13 Hz) hervor, die als Indikator für räumlich selektive Aufmerksamkeitsprozesse allgemein bekannt ist. Ebenfalls nur unter der natürlichen Bedingung zeigte sich eine räumliche Selektivität in der Verarbeitung des Zielreizes mit einer Latenz von nur etwa 50 ms. Natürlich konsistente Richtungsmerkmale ermöglichen also eine sehr frühe Selektion von aufgabenrelevanter Information und es erscheint entsprechend wichtig zu sein, diese Konsistenz auch bei unterstütztem Hören zu erhalten.

Ausblick

Es gilt, noch viele grundlegende Mechanismen des räumlichen Gehörs zu verstehen. Da die Integration unterschiedlicher räumlicher Merkmale bisher zu meist unter einfachen, statischen Bedingungen untersucht wurde, sind noch viele Fragen offen, wenn es darum geht, wie sich diese Integration an Veränderungen anpasst und unter komplexeren realitätsnahen Bedingungen agiert [7]. Auch sind Interaktionen zwischen räumlichen und inhaltlichen auditiven Verarbeitungsprozessen noch weitestgehend ungeklärt [1]. In aktuellen Kollaborationsprojekten untersuchen wir am Institut für Schallforschung einige dieser Aspekte, indem wir psychoakustische und neurophysiologische Messmethoden kombinieren und versuchen, die Algorithmen des Gehirns durch funktionale Computermodelle abzubilden. Zum einen möchten wir grundlegende kognitive Mechanismen für statistisches und überwachtetes Lernen von auditiver räumlicher Information untersuchen, die zugehörigen kognitiven Netzwerke identifizieren und offenlegen, wie sich diese Mechanismen und ihre neuronale Repräsentation über die gesamte menschliche Lebensdauer verändern (siehe <http://oeaw.ac.at/isf/born-2hear>). Einen Fokus legen wir dabei auf den Looming Bias, da dieser über alle Altersstufen hinweg messbar ist und Überlebensrelevanz besitzt. Zum anderen untersuchen wir, wie akute Vorerfahrung die sensorische Verarbeitung beeinflusst, welche Entscheidungsprozesse damit einhergehen und wie diese evolutionär geformt wurden (siehe <http://oeaw.ac.at/isf/>

dynamates). Zu diesem Zweck entwickeln wir probabilistische Modelle, die das Lokalisationsverhalten von Menschen und nicht-menschlichen Primaten in dynamischen Umgebungen abbilden und somit auf algorithmischer Ebene vergleichbar machen können. Mittels Elektroenzephalographie können wir zudem die neuronale Implementierung dieser Algorithmen im Menschen untersuchen.

Fazit

Räumliches Hören ist vielschichtig und wichtig in vielen Lebenssituationen. Wesentliche Aufgaben stellen die Lokalisierung von Schallquellen, die räumlich selektive Aufmerksamkeit und die Schutzfunktion basierend auf exogener Aufmerksamkeitslenkung bei Erkennung potentieller Gefahrenquellen dar. In all diesen Situationen versucht das Gehör, basierend auf den verfügbaren akustischen Merkmalen, dem akkumulierten Vorwissen und etwaigen Grundannahmen, die relevanten Zustände der Umgebung zu ermitteln. Dabei muss die Reliabilität der unterschiedlichen Informationsquellen abgewogen werden, um eine gute Balance zwischen Robustheit und Anpassungsfähigkeit der Wahrnehmung zu garantieren.

Basierend auf den Zustandsannahmen wird aus zunächst egozentrisch kodierten Merkmalen eine externalisierte räumliche Wahrnehmung mit allozentrischem Bezugsrahmen erzeugt. Räumlich verarmte Hörbedingungen, wie sie nicht nur unter Laborbedingungen, sondern auch durch andere technische Einflüsse wie beispielsweise von Hörhilfen auftreten können, führen oft zu einem Externalisierungsverlust und eingeschränkter räumlicher Selektivität in der sensorischen Verarbeitung. Wie stark die präsentierten Merkmale von der Realität abweichen dürfen, um keine solchen Einbußen zu verursachen, ist abhängig von vielen akustischen aber auch nicht-akustischen Faktoren, denn maßgebend ist, welches Ziel das Gehör gerade verfolgt.

Danksagung

Ich möchte diese Gelegenheit nutzen, um mich bei mehreren Personen zu bedanken, und zwar Piotr Majdak und Barbara Shinn-Cunningham für Ihre Unterstützung und das hervorragende wissenschaftliche Mentorat, Ulrich Pomper, Michelle Spierings und Brigitta Tóth für die fruchtbare Kollaboration, und Diane Baier, Roberto Barumerli, Yuqi Deng, Tobias Greif, Sophie Hanke, Karolina Ignatiadis und David Meijer für die engagierte Projektmitarbeit. Zudem danke ich Peter Balazs stellvertretend für die angenehmen und anregenden Arbeitsbedingungen am Institut für Schallforschung, der DEGA für die Ehrung mit dem Lothar-Cremer-Preis vor zwei Jahren und dem Österreichischen Wissenschaftsfonds

(FWF) für die mehrmalige und andauernde finanzielle Unterstützung (J3803-N30, I4294-B, ZK66).

Literatur

- [1] Majdak, P.; Baumgartner, R.; Jenny, C.: Formation of Three-Dimensional Auditory Space. In: Blauert, J. and Braasch, J. (eds.) *The Technology of Binaural Understanding*. pp. 115–149. Springer International Publishing, Cham, 2020.
- [2] Friston, K.: A theory of cortical responses. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 360, pp. 815–836, 2005. <https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1622>
- [3] Rao, R. P. N.; Ballard, D. H.: Predictive coding in the visual cortex: a functional interpretation of some extra-classical receptive-field effects. *Nat. Neurosci.* 2, pp. 79–87, 1999. <https://doi.org/10.1038/4580>
- [4] Gardner, J. L.: Optimality and heuristics in perceptual neuroscience. *Nat. Neurosci.* 22, pp. 514–523, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41593-019-0340-4>
- [5] Laquaitaine, S.; Gardner, J. L.: A Switching Observer for Human Perceptual Estimation. *Neuron*. 97, pp. 462–474.e6, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2017.12.011>
- [6] Skerrett-Davis, B.; Elhilali, M.: Detecting change in stochastic sound sequences. *PLOS Comput. Biol.* 14, e1006162, 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1006162>
- [7] van der Heijden, K.; Rauschecker, J. P.; de Gelder, B.; Formisano, E.: Cortical mechanisms of spatial hearing. *Nat. Rev. Neurosci.* 20, pp. 609–623, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41583-019-0206-5>
- [8] Brungart, D. S.; Durlach, N. I.; Rabinowitz, W. M.: Auditory localization of nearby sources. II. Localization of a broadband source. *J. Acoust. Soc. Am.* 106, pp. 1956–1968, 1999. <https://doi.org/10.1121/1.427943>
- [9] Edmonds, B. A.; Krumbholz, K.: Are Interaural Time and Level Differences Represented by Independent or Integrated Codes in the Human Auditory Cortex? *J. Assoc. Res. Otolaryngol.* 15, pp. 103–114, 2014. <https://doi.org/10.1007/s10162-013-0421-0>
- [10] Fujiki, N.; Riederer, K. A. J.; Jousmäki, V.; Mäkelä, J. P.; Hari, R.: Human cortical representation of virtual auditory space: differences between sound azimuth and elevation. *Eur. J. Neurosci.* 16, pp. 2207–2213, 2002. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9568.2002.02276.x>
- [11] Trapeau, R.; Aubrais, V.; Schönwiesner, M.: Fast and persistent adaptation to new spectral cues for sound localization suggests a many-to-one mapping mechanism. *J. Acoust. Soc. Am.* 140, pp. 879–890, 2016. <https://doi.org/10.1121/1.4960568>
- [12] Seitz, A. R.; Dinse, H. R.: A common framework for perceptual learning. *Curr. Opin. Neurobiol.* 17, pp. 148–153, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2007.02.004>
- [13] Li, S.; Baumgartner, R.; Peissig, J.: Modeling perceived externalization of a static, lateral sound image. *Acta Acust.* 4, p. 21, 2020. <https://doi.org/10.1051/aacus/2020020>
- [14] Baumgartner, R.; Majdak, P.: Decision making in auditory externalization perception. *bioRxiv*. 2020.04.30.068817, 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.04.30.068817>
- [15] Friston, K.; FitzGerald, T.; Rigoli, F.; Schwartenbeck, P.; O'Doherty, J.; Pezzulo, G.: Active inference and learning. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 68, pp. 862–879, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.06.022>
- [16] Parise, C. V.; Knorre, K.; Ernst, M. O.: Natural auditory scene statistics shapes human spatial hearing. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 111, pp. 6104–6108, 2014. <https://doi.org/10.1073/pnas.1322705111>
- [17] Brungart, D. S.; Scott, K. R.: The effects of production and presentation level on the auditory distance perception of speech. *J. Acoust. Soc. Am.* 110, pp. 425–440, 2001. <https://doi.org/10.1121/1.1379730>
- [18] Shinn-Cunningham, B. G.: Object-based auditory and visual attention. *Trends Cogn. Sci.* 12, pp. 182–186, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.02.003>
- [19] Baumgartner, R.; Reed, D. K.; Tóth, B.; Best, V.; Majdak, P.; Colburn, H. S.; Shinn-Cunningham, B.: Asymmetries in behavioral and neural responses to spectral cues demonstrate the generality of auditory looming bias. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 114, pp. 9743–9748, 2017. <https://doi.org/10.1073/pnas.1703247114>
- [20] Ignatiadis, K.; Baier, D.; Tóth, B.; Baumgartner, R.: Neural Mechanisms Underlying the Auditory Looming Bias. *Aud. Percept. Cogn.* 2021. <https://doi.org/10.1080/25742442.2021.1977582>
- [21] Bach, D. R.; Schächinger, H.; Neuhoﬀ, J. G.; Esposito, F.; Salle, F. D.; Lehmann, C.; Herdener, M.; Scheﬄer, K.; Seifritz, E.: Rising Sound Intensity: An Intrinsic Warning Cue Activating the Amygdala. *Cereb. Cortex*. 18, pp. 145–150, 2008. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhm040>
- [22] Deng, Y.; Choi, I.; Shinn-Cunningham, B.; Baumgartner, R.: Impoverished auditory cues limit engagement of brain networks controlling spatial selective attention. *NeuroImage*. 202, p. 116151, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116151> ■



Dr. Robert Baumgartner
Österreichische
Akademie der
Wissenschaften,
Institut für Schall-
forschung, Wien

Ehrungen der DEGA

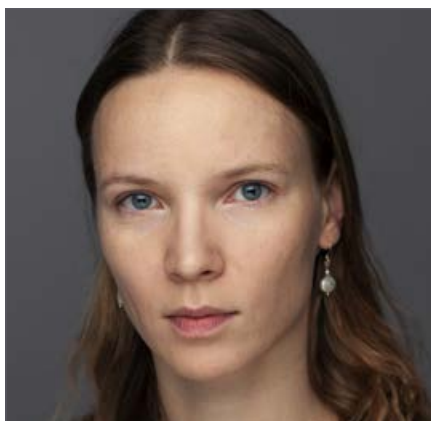
Auf der DAGA 2021 verlieh die DEGA folgende Auszeichnungen

■ Helmholtz-Medaille für Prof. Karlheinz Brandenburg



Auf der Eröffnungsfeier zur Tagung DAGA 2021 in Wien am 16. August 2021 überreichte der Präsident der DEGA, Prof. Jesko Verhey, die Helmholtz-Medaille an den Preisträger, Prof. Dr.-Ing. Dr. rer. nat. h.c. mult. Karlheinz Brandenburg, für sein herausragendes Lebenswerk zur akustischen Signalverarbeitung, insbesondere zur Audio-Kompression. Die Laudatio wurde gehalten von Prof. Jürgen Herre, Erlangen (siehe S. 38) ■

■ Lothar-Cremer-Preis für Dr. Anita Schulz



Auf der Eröffnungsfeier zur Tagung DAGA 2021 in Wien am 16. August 2021 überreichte der Präsident der DEGA, Prof. Jesko Verhey, den Lothar-Cremer-Preis an die Preisträgerin, Dr.-Ing. Anita Schulz, für ihre innovativen und wegweisenden Arbeiten in der Strömungsakustik, insbesondere bei der Erforschung von absorbierenden Wandauskleidungen. Die Laudatio wurde gehalten von Prof. Lars Enghardt, Berlin (siehe S. 39). ■

■ DEGA-Studienpreise 2021



Im Rahmen der diesjährigen Tagung DAGA 2021 wurden die folgenden herausragenden Abschlussarbeiten auf dem Gebiet der Akustik mit dem DEGA-Studienpreis ausgezeichnet:

- Dipl.-Ing. Kaspar Müller (links) für seine Masterarbeit „Variable-Perspective Rendering of Virtual Acoustic Environments based on Distributed First-Order Room Impulse Responses“ an der Universität für Musik und darstellende Kunst Graz, und an
- M.Sc. Vincent Radmann (rechts) für seine Masterarbeit „Auswirkung von unscharfen Parametern auf die Rollgeräuschsimulation bei Schienenfahrzeugen“ an der Technischen Universität Berlin. ■

■ Posterpreise der DAGA 2021

Im Rahmen der Tagung DAGA 2021 in Wien wurden wieder die besten Poster durch eine Jury prämiert. Die Übergabe der Preise fand am 18.08.2021 vor dem Plenarvortrag statt.

Gewonnen haben die Poster der folgenden Erstautorinnen/-autoren:

- Stephanie Blank („Lautheits- und Entfernungswahrnehmung von Sprache in virtuellen Räumen“)
- Jonas Heck („Hearing Architecture and Seeing Soundscapes“)
- Christof Ocker („Lärminderung von Ventilatoren durch strukturierte Porosität“)

Wir gratulieren den Preisträgerinnen und Preisträgern und hoffen, auch in den kommenden Jahren viele weitere herausragende Poster auszeichnen zu können. ■

■ DEGA-Preis für Kommunikationsräume erstmals vergeben



Im Rahmen der Tagung DAGA 2021 in Wien wurde am 17. August 2021 erstmals der neue DEGA-Preis für Kommunikationsräume durch den Präsidenten der DEGA, Prof. Jesko Verhey, an Dr. Andreas Meier von der Firma Müller-BBM GmbH (stellvertretend für das Gewinner-Team) übergeben.

Eine kurze Laudatio wurde gehalten von Prof. Bernhard Seeber (DEGA-Vorstandsmitglied); anschließend stellte Dr. Meier das Projekt selbst vor (siehe S. 40f). ■

■ Laudatio für Prof. Karlheinz Brandenburg

Sehr geehrter Vorstand der DEGA, liebe Kolleginnen und Kollegen, lieber Karlheinz, die heutige Verleihung der Helmholtz-Medaille der DEGA an Professor Karlheinz Brandenburg gibt mir einen besonderen Anlass, über eine außergewöhnliche Person zu sprechen. Er erhält die Medaille als Anerkennung für sein herausragendes Lebenswerk zur akustischen Signalverarbeitung, insbesondere zur Audio-Datenkompression. Dies sind wenige prosaische Worte, die in ihrer Essenz viele Jahrzehnte unermüdlichen Einsatzes für besseren Klang durch Einsatz von digitaler Signalverarbeitung beschreiben – Jahre, auf denen ich Dich, lieber Karlheinz, auch teilweise begleiten durfte. Und so ist es mir eine große Ehre, anlässlich dieser höchsten Auszeichnung der DEGA einige Worte zu Deinem Schaffen und zu Deiner Person zu sagen.

Zunächst habe ich gehört, dass Du auch schon in Deiner Jugendzeit sehr aktiv warst auf musikalischer Ebene – Du hast nämlich im Wettbewerb ‚Jugend Musiziert‘ mit Deinem Blockflötenquartett auf Bundesebene gespielt.

Kennengelernt haben wir uns jedoch erst im Jahr 1990, als Du von Deiner Post-Doc-Zeit bei den damals legendären AT&T Bell Laboratories aus den USA nach Erlangen zurückgekehrt bist – ich selbst war damals ein frisch gebackener Mitarbeiter der Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Integrierte Schaltungen. Zu diesem Zeitpunkt waren die Standardisierungsaktivitäten für ein Audiocodex zum geplanten neuen digitalen Rundfunksystem DAB bereits in vollem Gange.

Auch hattest Du 1989 bereits mit Deiner Dissertation zum Thema Audiocodierung und gehörangepasste Messtechnik unter Deinem Doktorvater Professor Dieter Seitzer am Lehrstuhl für Technische Elektronik der Universität Erlangen-Nürnberg die Fundamente für den Codieralgorithmus gelegt, der nach vielen Weiterentwicklungen zum heute weithin bekannten mp3-Verfahren wurde. Die Wahl dieses Dissertationsthemas und die Entwicklung des Codecs sollten

Deine gesamte spätere wissenschaftliche Laufbahn beeinflussen.

An dieser Stelle möchte ich einmal kurz beschreiben, wie man sich Deine damalige Forschungsarbeit (und die Deiner Kollegen) vorstellen kann: Da war ein Set aus ca. 20 Audio-Teststücken von jeweils etwa 25 s Länge, die encodiert und decodiert werden mussten, um zu beurteilen, wie die Klangqualität des Codierungsverfahrens ausfiel. Ein Durchgang dieses in Software implementierten Prozesses benötigte damals (1987) auf dem kühlschrankgroßen HP1000-Rechner ca. 3 Tage Rechenzeit. Mit anderen Worten: Jede kleine experimentelle Algorithmusänderung dauerte mehrere Tage bis zu ihrer Evaluierung! Das sind Dimensionen, wie man sie auch bei anderen revolutionären Technologien wie dem CELP-Coder-Prinzip für die Sprachcodierung anfangs beobachten konnte, und entsprechend gab es etliche skeptische Stimmen, die einem derartig komplexen Verfahren keinerlei praktische Relevanz in der Zukunft vorhersagten – einschließlich einem Prüfer des deutschen Patentamts, der eine entsprechende Patenteinreichung von Prof. Seitzer mit dem Argument der offensichtlichen Unmöglichkeit abschmettete. Und doch sollten sich die Dinge gänzlich anders entwickeln ...

Aufbauend auf dem vor Dir in Deiner Dissertation und Post-Doc-Zeit erarbeiteten Know-How verbrachten wir – zusammen mit vielen anderen Kollegen – zahllose Tage und vor allem Nächte in den Schall-Laboren des Erlanger Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen, in denen die Hauptaktivitäten der Weiterentwicklung stattfanden. Insbesondere war dies die Umsetzung in ein DSP-basiertes Echtzeitsystem, mit dem man Verfahrensverbesserungen erarbeiten und sofort auf beliebigem CD-Musikmaterial anhören konnte.

Du warst der wissenschaftliche Kompass des mp3-Entwickler-Teams, und hast obendrein etliche Male dieses Entwicklerteam durch Pizzahäppchen in den langen Nachtschichten logistisch und emotional unterstützt. Der Lohn der Mühe bestand – nach einem langen Durchsetzungsprozess – in der Standardisierung des MPEG-1 Layer 3 Audio

Codecs im Jahre 1992 – später besser bekannt unter dem Namen „mp3“.

Nach mp3 folgten weitere Generationen von verbesserten Codecs, die unter Deiner intensiven Mitwirkung entstanden, wie z. B. Advanced Audio Coding (AAC, 1997) und seine Varianten und Nachfolger, verlustfreie Audiocodierung, aber auch andere psychoakustisch inspirierte Algorithmen wie gehörangepasstes Watermarking und Scrambling für Audiosignale.

Die zunehmende Verfügbarkeit von schnellen Personal Computern und dem Internet ab Mitte der 90er Jahre hatten der entwickelten Audiocodertechnologie schnell zusätzliches Gewicht verliehen; konnte man doch jetzt mühelos Musik weltweit zwischen Rechnern transportieren, oder auch einfach per Internet-Radio empfangen. Dies war ein fundamentaler Durchbruch in der Art wie Musik als Medium benutzt wurde – und so wurde der mp3-Audiocoder zur omnipräsenten technologischen Schlüsselkomponente im Internet-induzierten Umbruch der Medienwelt.

Meine Damen und Herren, im fachlichen Kern ging es Herrn Prof. Brandenburg stets darum, psychoakustisches Grundlagenwissen konsequent zur Verbesserung der Audiodatenverarbeitung zu nutzen – sozusagen der digitalen Signalverarbeitung „den menschlichen Hörsinn“ beizubringen. Dies galt gleichermaßen für die gehörangepasste Codierung wie für die Qualitätsbeurteilung und für viele andere verwandte Anwendungen.

Ein nächster großer Schritt in der Karriereentwicklung von Prof. Brandenburg war die Annahme des Rufs für eine Professur an der Technische Universität Ilmenau und die damit verbundene Gründung des Fraunhofer Instituts für Digitale Medientechnologie (IDMT) ab 2000 – Einrichtungen, an denen er jeweils zwei Jahrzehnte lang an leitender Stelle gewirkt hat. In diesem Zeitraum entstanden viele neue Technologien unter seiner Leitung, allen voran die ersten kommerziell nutzbaren Umsetzungen des Wellenfeld-Synthese-Prinzips zur Audiowiedergabe, die z. B. in einer Reihe von Kinos zum Einsatz kamen wie auch auf der Bregenzer Seebühne. Auch hier

spielte wieder die digitale Signalverarbeitung eine entscheidende Rolle, um das akustische Ideal in die Praxis umsetzen zu können. Es folgten viele weitere Innovationen wie z.B. Flachlautsprecher-Technologie, binaurale Audiowiedergabe mit Adaption an den Wiedergaberaum oder die Erkennung von Musikstücken in Echtzeit durch Vergleich mit Originalaufnahmen oder durch Vorsingen einer charakteristischen Melodie.

Hinzu kamen in den letzten Jahren viele weitere aktuelle Forschungsthemen der angewandten Psychoakustik, besonders auch zum besseren Verständnis der multimodalen Wahrnehmung und Qualitätsbeurteilung, wie sie für Anwendungen in der Virtual und Augmented Reality wichtig sind.

Die jahrzehntelangen Beiträge zur Audiocodierung und zur digitalen Audio-signalverarbeitung haben Herrn Prof. Brandenburg zahllose Preise und Würdigungen eingebracht. Ich habe – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – nicht weniger als 26 Ehrungen gezählt, darunter sind die vielleicht wichtigsten

- der IEEE Industrial Innovation Award und der IEEE Masaru Ibuka Consumer Electronics Award
- die Wahl in die „Internet Hall of Fame“ und in die „German Research Hall of Fame“
- der Technologiepreis der Eduard-Rhein-Stiftung
- das Verdienstkreuz am Bande des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland
- der Deutsche Zukunftspreis, Preis des Bundespräsidenten für Innovation in Wissenschaft und Technik
- die Silberne Medaille der Audio Engineering Society (AES)
- ... sowie 2 Ehrendoktorwürden.

Das ist eine stolze Bilanz, und ich habe mir die Frage gestellt, was man aus diesem Lebenswerk lernen kann: Ganz sicher ist eine Essenz, dass sich Begeisterung für ein Thema und Beharrlichkeit lohnen – der langfristige technologische Impact eines neuen Denkansatzes (in diesem Fall: Berücksichtigung der Gehöreigenschaften) kann viel größer werden, als man es sich je am Anfang der eigenen Arbeit erträumen kann!

Meine Damen und Herren, ich danke Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit und Dir, lieber Karlheinz, möchte ich nochmals ganz herzlich gratulieren zur Helmholtz-Medaille der Deutschen Gesellschaft für Akustik! ■

Jürgen Herre

■ Laudatio für Dr. Anita Schulz

Ich lernte Anita Schulz im Jahr 2009 kennen, als ich sie an der TU Berlin zur multimedialen Unterstützung meiner Vorlesung als studentische Hilfskraft einstellte. Schon nach kurzer Zeit fiel mir dabei ihr scharfes Urteilsvermögen, ihre sachliche Art zu argumentieren und ihre gründliche Arbeitsweise äußerst positiv auf. Mein Angebot, eine Diplomarbeit mit dem Thema „Einfluss des Strömungsprofils auf die Impedanzbestimmung von akustisch dämpfenden Wandauskleidungen“ anzufertigen, nahm sie erfreulicherweise an und beendete diese mit der Note 1,0.

Bei dieser Zusammenarbeit fiel mir auf, dass ihre sorgfältige Arbeitsweise stets gepaart war mit dem Willen, den physikalischen Grundlagen hinter den beobachteten Phänomenen auf den Grund zu gehen. Überdies bewies sie didaktisches Geschick bei Seminarvorträgen und besonders bei der Verteidigung ihrer Diplomarbeit. Es fiel nicht schwer, ihr im Anschluss eine Promotionsstelle im Rahmen eines DFG-Projekts in Kooperation mit Prof. Czarske von der TU Dresden mit dem Thema „Energietransfer zwischen Strömung und Schall in den Scherschichten durchströmter Liner“ anzubieten, die sie annahm.

Sie arbeitete fortan in einem universitätsübergreifenden Team, erwarb experimentelles Geschick bei Laborarbeiten und eignete sich eine weiter geschärfte, sehr analytische Denkweise an. Anita Schulz beschäftigte sich mehrere Jahre mit der erweiterten, theoretischen Modellbildung der wandnahen Wechselwirkung zwischen akustischen Feldern, Wandstrukturen und induzierten Sekundärströmungen. In ihrer Promotionszeit bei uns kooperierte sie mit internationalen Partnern wie der US-amerikanischen NASA, der japanischen

JAXA und der französischen ONERA und lernte schließlich auch ihren späteren väterlichen Mentor und kongenialen Kooperationspartner, den emeritierten Prof. Dirk Ronneberger, kennen, den die Älteren unter Ihnen sicher noch gut in Erinnerung haben.

Trotz bereits reichlich vorhandenen Forschungsergebnissen aus dem DFG-Projekt mit der TU Dresden ließ sie es sich nicht nehmen, ihr Promotions-thema nochmal anzupassen und – gemeinsam mit Prof. Ronneberger – ein Impedanzmodell für Resonator-Liner unter Einbezug viskoser Effekte zu entwickeln, welches die Grundlage ihrer im Juni 2018 mit summa cum laude abgeschlossenen Dissertation mit dem Thema „Die akustischen Randbedingungen perforierter Wandauskleidungen in Strömungskämen – physikalische Modelle und Eduktion“ bildete.

Im August 2019 bekam sie für diese Arbeit den Doktorandenpreis der Helmholtz-Forschungsgemeinschaft im Bereich Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr verliehen, der auch ein Stipendium für einen Auslandsaufenthalt enthielt. Seit Januar 2020 arbeitet sie an der TU Berlin als PostDoc an einem DFG-Forschungsprojekt, das sie als Antrag auf eine eigene Stelle bewilligt bekam, an der Fortsetzung ihres Promotionsthemas für Überströmungsfälle. Von Februar bis Juli 2020 war Anita Schulz für einen Forschungsaufenthalt bei Prof. Kaltenbacher an der TU Wien und hat dort vor allem mit numerischen Berechnungsverfahren gearbeitet. Sie hat in ihrer Karriere schon eine Anzahl vielbeachteter referierter Publikationen veröffentlicht, war auf mehreren Konferenzen vertreten und hat auch bereits eingeladene Vorträge gehalten. Ich freue mich sehr darüber, dass sie für ihre wissenschaftliche Leistungen nun den Lothar-Cremer-Preis der DEGA bekommt. ■

Lars Enghardt

■ Laudatio für den DEGA-Preis für Kommunikationsräume

Eine Premiere: Wir kennen die Deutsche Gesellschaft für Akustik, die führende technisch-wissenschaftliche Gesellschaft, für alles was mit Akustik zu tun hat. Unsere Gesellschaft – sie wird getragen von Wissenschaftlern und Praktikern gleichermaßen. Preise gab es bis dato nur für wissenschaftliche Leistungen. Natürlich mehren diese unser Wissen über Akustik; aber Herausforderungen und gute Arbeit für hervorragende Akustik gibt es überall. So freut es mich ganz besonders, dass die DEGA hervorragende praktische Umsetzungen mit zwei neuen Preisen ehrt, dem DEGA-Lärmschutzpreis und dem DEGA-Preis für Kommunikationsräume – und es freut mich, dass heute der erste DEGA-Preis für Kommunikationsräume an die Firma Müller-BBM für akustische Maß-

nahmen beim Neubau einer Kirche in Planegg vergeben wird.

Was hat uns von der Jury an diesem akustischen Raum so gefallen? Der geschaffene Kommunikationsraum zeichnet sich insbesondere durch eine Symbiose von Raumakustik und Architektur in einem Gesamtkonzept aus, bei dem die verschiedenen Disziplinen integriert agiert haben. Das Projekt ist insofern vorbildlich, da es sich um ein architektonisch-akustisches Gesamtkonzept handelt, bei dem die Akustik proaktiv in den Planungs- und Entwurfsprozess einbezogen wurde, statt in einer vorhandenen Bausubstanz akustische Probleme zu reduzieren. Die akustischen Maßnahmen sind so gestaltet, dass sie das ästhetische Konzept des Raumes unterstützen und im Hintergrund wirken:

die architektonische Raumwirkung tritt in den Vordergrund, da Absorber und elektroakustische Wandler wenig sichtbar in die Außenwand integriert sowie Wandpaneele unter bestimmten Winkeln angeordnet sind und daher nicht augenscheinlich als akustische Elemente hervortreten. Der elliptische Raum ist akustisch fordernd und konnte mit Hilfe aktueller Modellierungsansätze aus der Raumakustik gestaltet werden. Die Bewerbung zeichnet sich weiterhin durch eine gute Messdokumentation aus. Nun übergebe ich an die Preisträger, und wir sind alle gespannt, aus erster Hand über die akustischen Lösungen in diesem besonderen Raum zu erfahren. ■

Bernhard Seeber

■ Projektvorstellung

Zur Akustik des Kirchenneubaus St. Josef, Holzkirchen

Für den Kirchenneubau St. Josef in Holzkirchen wurde Müller-BBM der diesjährige DEGA-Preis für Kommunikationsräume verliehen. Das im Jahr 2018 fertiggestellte Projekt zeigt, dass es unter akustisch herausfordernden architektonischen Randbedingungen eines Rundraumes durch sorgfältige Planung gelingt, einen öffentlich zugänglichen Raum zu schaffen, der gleichermaßen für Sprache und Gesang als auch durch intelligente Elektroakustikmaßnahmen für Personengruppen mit besonderen akustischen Anforderungen zu nutzen ist.

Projektangaben

Eberhard Wimmer Architekten gewann im Jahr 2013 einen Architekturwettbewerb für dieses Projekt. Der Entwurf sieht zwei schiefwinklige Stumpfkegel für die neue Pfarrkirche und die Werktagkapelle in einer Holzbauweise vor. Die Grundrisse wurden mit elliptischer Form geplant (siehe Abb. 1). Aus raumakustischer Sicht sind solche Grundrissformen äußerst herausfordernd. In Kombination mit einem öffentlich zugänglichen Kirchengebäude, das für die Nutzungen Sprache und Musik geeignet sein muss, war zu Projektbeginn klar,

dass äußerst anspruchsvolle Bedingungen gelöst werden müssen.

Im voll besetzten Zustand sollte die neue Pfarrkirche eine Nachhallzeit von 2s aufweisen, sodass gleichermaßen eine gute Sprachverständlichkeit, Orgelmusik und Gesang möglich sind. Die akustischen Abnahmemessungen bestätigen, dass dieses Ziel erreicht wurde. Zudem musste die akustisch problematische Grundform des Kegelstumpfs „entschärft“ werden. Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen der allgemeinen Planung mit dem Architekten folgende Lösungen entwickelt:

Pfarrkirche ($V = 7.500 \text{ m}^3$)

- Einbeziehung der statisch tragenden Primärstruktur mit Holzelementen, die gezielt in den Raum hineinragen sollten, um Schallreflektionen an den Oberflächen geometrisch aufzubrechen (siehe Abb. 2).
- Verwendung von Dreieckspaneele mit leicht unterschiedlichen Neigungen innerhalb der Tragkonstruktion, was jedoch optisch nahezu nicht auffällig sein sollte (siehe Abb. 2).
- Gezielte Ausstattung von schallabsorbierend wirksamen Dreieckspa-



Abb. 1: Vogelperspektive der Pfarrkirche St. Josef, Holzkirchen

neelen, um den Nachhall in der Kirche in den gewünschten Zielbereich zu legen, sodass günstige akustische Randbedingungen für eine gute Sprachverständlichkeit bei gleichermaßen musikalischer Nutzung durch Gesang (Chor) sowie Orgel vorhanden sind. Außerdem Vermeidung von Fokussierungseffekten. Die später durchgeführten Simulationen zeigten, dass zwei Ringe der Wandverkleidung schallabsorbierend auszuführen sind. Alle anderen Paneele mussten schallreflektierend ausgebildet werden.

- Einbeziehung von schallabsorbierenden Sitzauflagen auf den Bänken, um die Abhängigkeit der raumakusti-



Abb. 2: Innenraum der Pfarrkirche

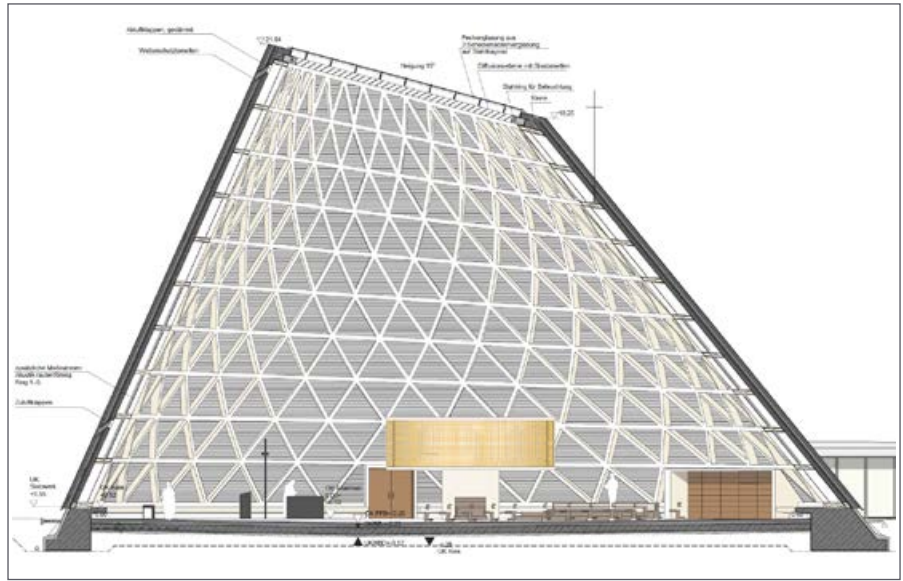


Abb. 3: Längsschnitt durch die Pfarrkirche

schen Verhältnisse vom Besetzungszustand zu verringern.

- Auf das Publikum gerichtete, angepasst verzögerte Beschallung für die weitere Verbesserung der Sprachverständlichkeit. Die Gestaltungswünsche des Architekten ließen es nicht zu, dass Lautsprecher zwischen Sprecher und Gemeinde angeordnet werden konnten. Die Lautsprecher mussten in die Wandverkleidung hinter dem Ambo und Altar angeordnet werden, weshalb in der Planung die Vermeidung von Rückkoppelungen zu lösen war.

Werktagsskapelle ($V = 750 \text{ m}^3$)

- Konkav gewölbte Randschalenelemente mit Radien außerhalb der relevanten Fokuspunkte (Konvexe Schalen wurden aus architektonischer Sicht nicht akzeptiert).
- Gezielte Anordnung von schallabsorbierenden Flächen zur Einstellung einer nutzungsgerechten Halligkeit.

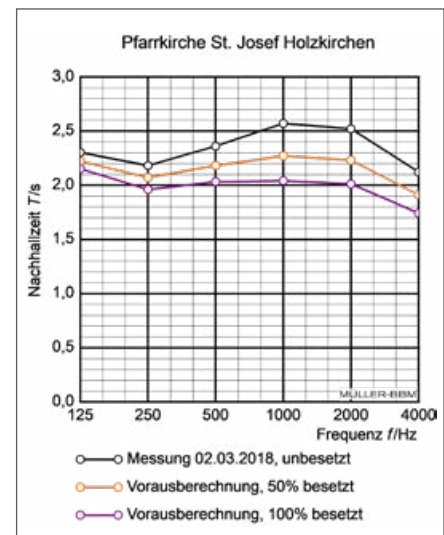
Abnahmemessungen

Im Zuge der Übergabe an den Nutzer wurden Abnahmemessungen durchgeführt. Hierzu wurden die Impulsantworten über die Korrelationsmesstechnik mit Sweepsignalen ermittelt. Als Beispiele zeigen Abbildung 4 die Nachhallzeiten in der Pfarrkirche und Tabelle 1 einen Vergleich relevanter Energiekriterien.

Fazit

Der Kirchenneubau St. Josef in Holzkirchen vereint architektonische Ästhetik und akustische Funktionalität in idealer Weise. Sowohl vom Pfarrer als auch von Sängern und Musikern liegen sehr positive Rückmeldungen zu den hochwertigen akustischen Verhältnissen vor.

Andreas Meier,
Müller-BBM GmbH,
Planegg

Abb. 4: Nachhallzeit in der Pfarrkirche ($V = 7500 \text{ m}^3$)

Tab. 1: Vergleich relevanter Energiekriterien (Mittelwert 500/1000 Hz)

Raum	Deutlichkeit C_{50} (dB)	Stärkemaß G_{inf} (dB)	Deutlichkeitsmaß (%)
Bestand	-6,6	12,5	14
Pfarrkirche ($V = 7.500 \text{ m}^3$)	0,7	10,4	39
Werktagsskapelle ($V = 750 \text{ m}^3$)	-1,7	19,4	38

Menschen

Ehrungen und Gratulationen

■ Rudolf-Martin-Ehrenurkunde für Thomas Myck

Bei der Rudolf-Martin-Ehrenurkunde handelt es sich um eine hohe Auszeichnung durch den DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS). Im Rahmen der Eröffnungsfeier zur Tagung DAGA 2021 in Wien wurde die Urkunde an den diesjährigen Preisträger, Dipl.-Ing. Thomas Myck, durch den Vorsitzenden des NALS, Dr. Volker Wittstock, verliehen.

Thomas Myck stammt aus Berlin und studierte an der dortigen Technischen Universität Luft- und Raumfahrttechnik. Nach seinem Diplom wurde er am Um-

weltbundesamt (UBA) im Fachgebiet „Fluglärmbekämpfung“ tätig – zunächst in Berlin und ab 2005 am Standort Dessau-Roßlau. Im UBA hat er von 1986 bis 2004 im Fachgebiet „Fluglärm“ und von 2004 bis 2010 im Fachgebiet „Lärminderung im Verkehr“ als wissenschaftlicher Mitarbeiter maßgebliche Akzente gesetzt. Seit 2010 leitet er im UBA das Fachgebiet „Lärminderung bei Anlagen und Produkten, Lärmwirkungen“.

Im NALS-Ausschuss „Geräuschmission – Grundlagen, Ermittlung, Beurteilung“ ist er stellvertretender Obmann, und auch im Ausschuss „Fluggeräusche“

ist er aktives Mitglied. Er hat im Verlauf vieler Sitzungen und elektronischer Abstimmungen die fachlichen Inhalte von Dokumenten und Projekten maßgeblich mitgeprägt und tut es immer noch. Ebenso nimmt er regelmäßig an Akustik-Tagungen teil und präsentiert fachliche Inhalte aus dem Themenkreis „Geräuschmission und Fluggeräusche“ sowie damit zusammenhängender Regelwerke.

Der NALS freut sich, Thomas Myck für sein engagiertes Wirken mit der Rudolf-Martin-Ehrenurkunde auszuzeichnen. ■



acoem
CREATING ENVIRONMENTS OF POSSIBILITY

Noise & vibration monitoring matters

- Einhaltung von gesetzlichen Vorgaben
- Schutz von Mitarbeitern und Firmen
- Verbesserung der Lebensqualität

4G

acoem.com vertrieb@acoem.com 0811 899 498 25

■ Wir gratulieren

zum 70. Geburtstag (Sept. 2021):
Dr. Judit Angster,
ehem. Leiterin des DEGA-Fachaus-
schusses Musikalische Akustik

zum 90. Geburtstag (Okt. 2021):
Dr. Werner Schirmer,
Träger der Helmholtz-Medaille (2007) ■

Veranstaltungen

■ Veranstaltungshinweise

25.10.–27.10.2021

Euronoise 2021

online



Der “European Congress and Exposition on Noise Control Engineering” wird vom 25. bis 27. Oktober 2021 als Online-Tagung stattfinden. Der Kongress wird organisiert von der European Acoustics Association (EAA) und der Portuguese Acoustical Society (SPA).

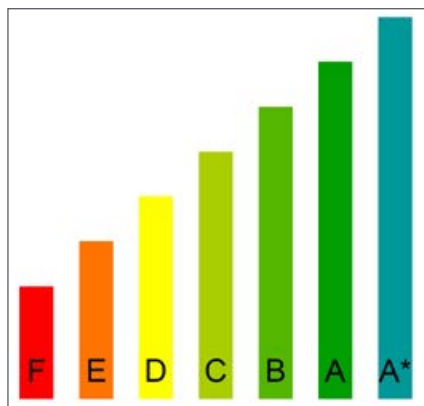
Alle weiteren Informationen finden Sie auf der Webseite

<http://www.spacustica.pt/euronoise2021/index.html>

12.11.2021

DEGA-Akademie

Kurs „DEGA-Schallschutzausweis“



Der Kurs „DEGA-Schallschutzausweis“ findet das nächste Mal am 12. November 2021 als Online-Kurs statt.

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

Leitung und Referent:

- Dipl.-Ing. Christian Burkhart, Akustikbüro Schwartzberger und Burkhart, Pöcking

Programm, Leistungen, Gebühren und Anmeldung:

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

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

12.11.–13.11.2021

14. DEGA-Symposium

Interaktive Auralisierung für die Planung von Räumen



Das 14. DEGA-Symposium findet vom 12. bis 13. November 2021 in Berlin statt.

Raumakustische Simulationen und Auralisationen haben heute zahlreiche Einsatzbereiche über die klassischen Anwendung in der raumakustischen und elektroakustischen Planung hinaus. Dazu gehört etwa die digitale Rekonstruktion historischer Szenarien, die Musik- und Medienpsychologie, Game Audio sowie Virtual und Augmented Reality Anwendungen jeder Art. Das Symposium gibt einen Überblick über den Stand der Technik bei Simulationsalgorithmen und bei der Kopfhörer- und Lautsprecher-basierten Wiedergabe akustischer Szenen. Es zeigt neue Anwendungen in der Hörforschung und im generativen akustischen Design und diskutiert den Einsatz von Simulationsprogrammen mit Experten aus der raumakustischen Planung. Akustische Demonstrationen finden im neu eingerichteten Mixed Reality Labor von TU und UdK Berlin statt.

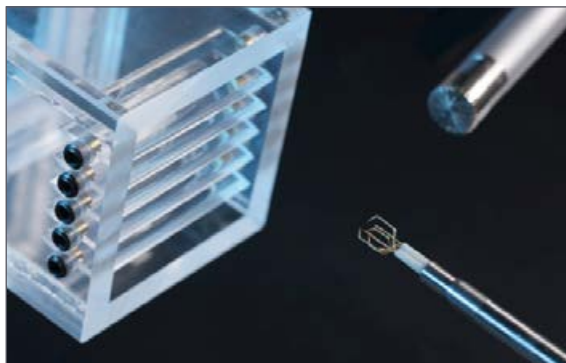
Verantwortlich für das Programm ist der Fachausschuss Virtuelle Akustik der DEGA.

Veranstaltungsort:

TU Berlin

Programm und Anmeldung:

siehe <https://www.dega-akustik.de> ■

21.02.–22.02.2022**DEGA-Akademie****Kurs „Strömungsakustik 1 – Grundlagen, Auslegungen und Anwendungen“**

Nach mehreren erfolgreichen Akademie-Kursen bietet die diesjährige DEGA-Akademie zur Strömungsakustik ein neues überarbeitetes Konzept, das aus 2 Kursen besteht:

- Strömungsakustik 1 – Grundlagen, Auslegungen und industrielle Anwendungen
- Strömungsakustik 2 – Theorie, numerische Berechnungsverfahren und Anwendungen

Der Kurs 1 findet am 21. und 22. Februar 2022 als Online-Kurs statt.

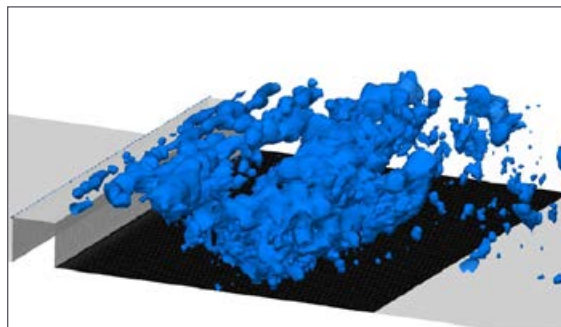
Er lehrt die Strömungsakustik von den Grundlagen zu den Anwendungen in kompakter und praxisnaher Form. Er richtet sich an alle Interessierten, die sich mit diesem Themenkomplex intensiv auseinandersetzen bzw. beschäftigen wollen.

Leitung und Referenten:

- Prof. Dr.-Ing. Stefan Becker, Universität Erlangen (Leitung)
- Prof. Dr.-techn. Manfred Kaltenbacher, TU Graz (Leitung)
- Prof. Dr.-Ing. Ennes Sarradj, TU Berlin
- Ass. Prof. Dr. techn. Stefan Schoder, TU Graz
- Dipl.-Ing. Sebastian Floss, TU Wien
- M.Sc. Felix Czwiolong, Universität Erlangen
- M.Sc. Andreas Renz, Universität Erlangen

Programm, Leistungen, Gebühren und Anmeldung:

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

23.02.–24.02.2022**DEGA-Akademie****Kurs „Strömungsakustik 2 – Theorie, numerische Verfahren und Anwendungen“**

Wie links beschrieben, bietet die diesjährige DEGA-Akademie zur Strömungsakustik ein neues überarbeitetes Konzept, das aus 2 Kursen besteht:

- Strömungsakustik 1 – Grundlagen, Auslegungen und industrielle Anwendungen
- Strömungsakustik 2 – Theorie, numerische Berechnungsverfahren und Anwendungen

Der Kurs 2 findet am 23.02. und 24.02.2022 als Online-Kurs statt.

Er ergänzt den Kursteil 1 und ist eine Erweiterung und Vertiefung der bisherigen Akademie-Kurse zur Strömungsakustik. Er lehrt die Theorie der Strömungsakustik und gibt einen intensiven Einblick in die CAA-Berechnungsverfahren. Es wird der momentane Entwicklungsstand in der Behandlung strömungsakustischer Fragestellungen aufgezeigt.

Der Kurs richtet sich speziell an alle Interessierten, die schon auf dem Gebiet der Strömungsakustik arbeiten, Erfahrungen auf diesem Gebiet haben und sich mit diesem Themenkomplex auseinandersetzen wollen.

Leitung und Referenten:

- Prof. Dr.-Ing. Stefan Becker, Universität Erlangen (Leitung)
- Prof. Dr.-techn. Manfred Kaltenbacher, TU Graz (Leitung)
- Prof. Dr.-Ing. Jan Delfs, DLR, Braunschweig
- Prof. Dr.-Ing. Lars Enghardt, DLR, Berlin
- Prof. Dr. rer. nat. Claus-Dieter Munz, Universität Stuttgart
- Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schröder, RWTH Aachen
- Dr.-Ing. Roland Ewert, DLR, Braunschweig
- Ass. Prof. Dr. techn. Stefan Schoder, TU Graz
- M. Sc. Felix Czwiolong (Universität Erlangen)
- M. Sc. Andreas Renz (Universität Erlangen)

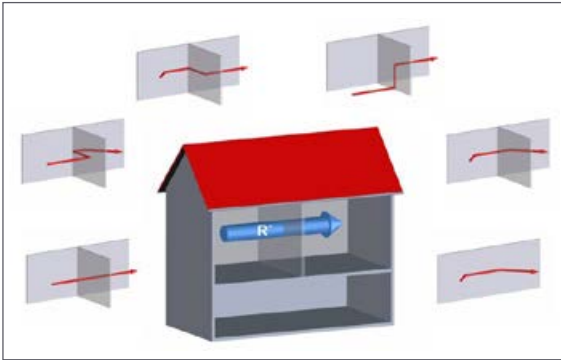
Programm, Leistungen, Gebühren und Anmeldung:

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

16.05.–18.05.2022

DEGA-Akademie

Kurs „Bauakustik – von den Grundlagen zur Anwendung“



Der Kurs „Raumakustik kompakt“ findet das nächste Mal vom 16. bis 18. Mai 2022 in Braunschweig statt.

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

Leitung und Referent:

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

Veranstaltungsort:

Haus der Wissenschaft Braunschweig,
Pockelsstraße 11,
38106 Braunschweig

<http://www.hausderwissenschaft.org>

Programm, Leistungen, Gebühren und Anmeldung:

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

Standortleiter Schallimmissionsschutz (m/w/d) in Haltern am See

Wir sind ein mittelständisches Unternehmen mit derzeitigen Standorten in Burscheid und Haltern am See. Unser Fachwissen und langjährige Erfahrung schaffen für unsere Kunden hochwertige Lösungen im Bereich der Akustik.

Unsere Mitarbeiter sind eine wichtige Kompetenz- und Wissensressource und entsprechend investieren wir gezielt in Ihre Einarbeitung und Weiterentwicklung. Gelebtes Teamwork und eine freundliche Unternehmenskultur sind für uns fundamental. Als stetig wachsendes Unternehmen suchen wir für unseren Standort in Haltern am See zum nächstmöglichen Zeitpunkt eine/n Standortleiter/in (m/w/d).

Ihre Aufgabe:

- Sie leiten das Büro in Haltern am See (7 Mitarbeiter/innen) nach umfangreicher Einarbeitung durch den derzeitigen Standortleiter als Mentor
- Sie sind für die Mitarbeiter und die wirtschaftliche Entwicklung des Standortes Haltern am See verantwortlich
- Sie betreuen unsere Kunden und koordinieren die Projektbearbeitung
- Sie messen Geräuschemissionen und -immissionen
- Sie beurteilen die Geräuschsituation nach den einschlägigen Regelwerken
- Sie erstellen Gutachten als Prognosen und Abnahmemessungen im Rahmen unserer akkreditierten und nach §29b BImSchG zugelassenen Messstelle

Wir erwarten:

- Erfolgreich abgeschlossenes Studium in einer technischen Fachrichtung
- Berufserfahrung als Projektleiter/in in dem Bereich Schallimmissionsschutz, wünschenswert in den Bereichen Bauakustik und Raumakustik
- Leitungskompetenz gepaart mit Personalverantwortung
- Sehr gutes Ausdrucksvermögen in Wort und Schrift
- Gute Microsoft Office Kenntnisse, insbesondere Word und Excel
- belastbar, zuverlässig und verantwortungsbewusst
- Führerschein Klasse B

Wir bieten:

- Flexible und familiengerechte Arbeitszeiten
- Ein unbefristetes Arbeitsverhältnis
- Eine umfassende Einarbeitung

Weitere Informationen über uns erhalten Sie im Netz unter www.ist-akustik.de

Wir freuen uns über Ihre Bewerbung!

Ansprechpartner: Ralph Stöcker, Arno Flörke

IST ■ ■ ■ ■ ■
Akustik Bauphysik Umweltschutz

Ingenieurbüro Stöcker
Kolpingstraße 6
45721 Haltern am See
www.ist-akustik.de
Tel. 0 23 64 - 92 97 94
E-Mail: info.ha@ist-akustik.de

■ **Vorschau****21.–24.03.2022****DAGA 2022****48. Jahrestagung für Akustik****Herzliche Einladung**

Wir freuen uns sehr, Sie zur 48. Jahrestagung für Akustik DAGA 2022 in Stuttgart begrüßen zu dürfen.

Die Landeshauptstadt von Baden-Württemberg hat ein besonderes Profil. Automobilstadt, Medienstadt, Kulturstadt, Sportstadt – das sind nur einige der zahlreichen Facetten. Auch die Akustik gehört zu Stuttgart: Nach 1972, 1985 und 2007 ist 2022 bereits die vierte DAGA im Ländle.

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

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

Ihr Tagungsleiter

Philip Leistner

**Veranstaltungsort**

Universität Stuttgart

Campus Stuttgart-Vaihingen

<https://www.uni-stuttgart.de>

Die DAGA 2022 wird nicht nur vor Ort in Stuttgart stattfinden. Sie wird voraussichtlich als hybride Tagung durchgeführt. Somit wird eine Online-Teilnahme ebenfalls möglich sein.

Zentrale Termine

- Ab Oktober 2021: Anmeldung zur Teilnahme und Einreichung von Poster- und Vortragsanmeldungen
- bis 1. November 2021: Anmeldung von Vorträgen
- bis 31. Januar 2022: Anmeldung zu den günstigen „frühen“ Teilnahmegebühren
- Februar 2022: Veröffentlichung des Tagungsprogramms
- 21.–24. März 2022: Tagung DAGA 2022
- 21. März 2022: Vorkolloquien zur DAGA, DEGA-Mitgliederversammlung
- Frühjahr 2022: Alle Teilnehmer erhalten per E-Mail den Online-Zugang zum Tagungsband

Anmeldung und Gebühren

Die Anmeldung startet im Oktober unter

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

Es kann zwischen virtueller Teilnahme und vor-Ort-Teilnahme ausgewählt werden, auch eine spätere Anpassung ist möglich.

Beitragsanmeldung

Vorträge und Poster können ab Oktober bis zum 1. November 2021 über diese Seite eingereicht werden:

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

Vorkolloquien am 21.3.

Die Teilnahme ist kostenfrei!

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

Strukturierte Sitzungen

Neben den allgemeinen Sitzungen zu verschiedensten Themen der Akustik werden auch wieder speziell für die DAGA 2022 organisierte Sitzungen angeboten. Hier finden Sie eine erste Auswahl, weitere Sitzungen werden in Kürze ergänzt unter <https://www.daga2022.de/programm>.

- Akustische Metamaterialien
- Benchmarks in der Strömungsakustik
- Höranlagen – Wo stehen wir heute und was bringt die Zukunft?
- Intelligent Loudspeaker Control: Research vs. Practical Needs
- Lärm am Arbeitsplatz
- Lärm und elektrisches Fliegen
- Medizinischer Ultraschall
- Meeresakustik und Wasserschall
- MEMS-Lautsprecher – Was müssen sie leisten?
- Messung und Simulation bewegter akustischer Quellen
- Mikroakustik im Experiment und in der Simulation
- Potentiale und Herausforderungen bei der KI-basierten Audioanalyse und Wissensextraktion in verschiedenen Domänen
- Produktentwicklung – Virtueller akustischer Zwilling
- Subjektive Lärminderung

Ausstellung und Sponsoring

Die wissenschaftliche Tagung wird in langjähriger Tradition von einer Firmenausstellung begleitet, die Unternehmen die Möglichkeit bietet, ihre Produkte und Dienstleistungen vorzustellen. Wir möchten Sie außerdem herzlich einladen, die DAGA durch Werbung, durch Sponsoring oder durch eine Spende zu unterstützen. Gern können Sie Ihre eigenen Vorschläge und Ideen einbringen. Nähere Information folgen ab Oktober 2021 an dieser Stelle: <https://www.daga2022.de/ausstellung>

Kontakt und Information

Teresa Lehmann und Julia Schneiderheinze

E-Mail: tagungen@dega-akustik.de

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

Tel: 030 / 340 60 38 03 oder -04 oder 0176 / 56 84 55 64 ■

Rahmenprogramm und Exkursionen

Das Team der DAGA 2022 plant ein spannendes und abwechslungsreiches Rahmenprogramm mit mindestens einer Abendveranstaltung. Dazu zählen unter anderem Exkursionen zum Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren, zum Fraunhofer-Institut für Bauphysik und zur Hochschule für Technik Stuttgart, Campus Vaihingen, sowie Aktionen von der Hochschule der Medien (Audiovisuelle Begleiteffekte), akustische Stadtpaziergänge und Führungen zum Projekt „Stuttgart 21“.

■ Kalender

- **08.10.2021 in Braunschweig:**
DEGA-Akademie-Kurs „Raumakustik kompakt“,
siehe <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>
- **11.–13.10.2021 als Online-Kurs:**
DEGA-Akademie-Kurs „Psychoakustik – Grundlagen und Anwendungen“,
siehe <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>
- **21.–22.10.2021 in Bad Honnef:**
Herbstworkshop „Physikalische Akustik“,
siehe Seite 55
- **25.–27.10.2021 als Online-Kongress:**
Euronoise 2021,
siehe <http://www.spacustica.pt/euronoise2021/index.html>
- **03.–06.11.2021 in Düsseldorf:**
tmt 31 – Tonmeistertagung,
siehe <https://www.tonmeistertagung.com>
- **10.–11.11.2021 in Valley/Rosenheim/Holzkirchen:**
Sitzung des Fachausschusses Bau- und Raumakustik,
siehe Seite 54
- **12.11.2021 als Online-Kurs:**
DEGA-Akademie-Kurs „DEGA-Schallschutzausweis“,
siehe Seite 43
- **12.–13.11.2021 in Berlin:**
14. DEGA-Symposium „Interaktive Auralisierung für die Planung von Räumen“,
siehe Seite 43 und <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>
- **29.11.–01.12.2021 in Drübeck:**
Workshop „Kavitation“ des FA Ultraschall,
siehe Seite 56
- **21.–22.02.2022 als Online-Kurs:**
DEGA-Akademie-Kurs „Strömungsakustik 1 – Grundlagen, Auslegungen und Anwendungen“,
siehe Seite 44 und <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>
- **23.–24.02.2022 als Online-Kurs:**
DEGA-Akademie-Kurs „Strömungsakustik 2 – Theorie, numerische Verfahren und Anwendungen“,
siehe Seite 44 und <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>
- **21.–24.03.2022 in Stuttgart bzw. online (hybrid):**
Jahrestagung DAGA 2022,
siehe Seite 46 und <https://www.daga2022.de>
- **27.04.2022 bundesweit:**
25. Tag gegen Lärm,
siehe <https://www.tag-gegen-laerm.de>
- **09.–11.05.2022 in Aalborg (DK):**
EAA Euroregio / BNAM 2022,
siehe <https://bnam2022.org>
- **16.–18.05.2022 in Braunschweig:**
DEGA-Akademie-Kurs „Bauakustik – von den Grundlagen zur Anwendung“,
siehe Seite 45 und <https://www.dega-akustik.de/aktuelles>
- **21.–24.08.2022 in Glasgow (UK):**
Inter-Noise 2022,
siehe <https://internoise2022.org/>
- **24.–28.10.2022 in Gyeongju (KOR):**
ICA 2022 – International Congress on Acoustics,
siehe <https://ica2022korea.org>

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

DEGA

Nachrichten und Mitteilungen aus der Fachgesellschaft

■ Protokoll der Mitgliederversammlung

am Sonntag, den 15. August 2021 um 18:00 Uhr im hybriden Format (sowohl in Wien als auch online)

1. Begrüßung

Der Präsident der DEGA, Jesko Verhey, eröffnet die Mitgliederversammlung, begrüßt die ca. 60 anwesenden Mitglieder (ca. 40 vor Ort, ca. 20 online) und stellt die Beschlussfähigkeit fest.

2. Genehmigung der Tagesordnung

Die Einladung mit Tagesordnung wurde allen Mitgliedern im Akustik Journal Nr. 02/21 fristgerecht zugestellt. Diese Tagesordnung wird ohne Ergänzungen angenommen.

3. Bericht des Vorstands

Einleitend fasst Herr Verhey die wichtigsten Ereignisse und Entwicklungen seit der letzten Mitgliederversammlung (d. h. seit September 2020) zusammen:

- Die DEGA hat derzeit ca. 1.980 persönliche Mitglieder; dies entspricht etwa dem Stand vor einem Jahr.
- Das Jahr 2020 war geprägt durch die Corona-Krise: Viele Veranstaltungen fielen aus bzw. wurden verschoben. Dennoch konnte im Herbst 2020 das 13. DEGA-Symposium in hybrider Form stattfinden, bei dem vor allem die Preise der DEGA vor Ort vergeben werden konnten. Ein Dank hierfür geht an Frau Langer, Herrn Ring und Herrn Klemenz.
- Die DAGA 2021 wird erstmalig als Hybrid-Tagung durchgeführt. Hierzu erfolgten enge Abstimmungen zwischen Tagungsleitung und Vorstand. Wegen des erhöhten Aufwands zur Vorbereitung geht bereits jetzt ein großer Dank an die Tagungsleiter und das Organisationsteam.

Es folgen Berichte der übrigen Mitglieder des Vorstands über die Aktivitäten der DEGA (Herrn Becker, der aus gesundheitlichen Gründen nicht teilnimmt, wünscht der Vorstand gute Besetzung):

- Frau Langer berichtet, dass beim 13. DEGA-Symposium am 25.09.20 die Preisverleihungen und Plenarvorträge als Videos aufgezeichnet wurden und weiterhin auf der DEGA-Webseite zur Verfügung stehen. Sie verweist auf das „EAA Forum Laboris“, eine neue europaweite Online-Jobmesse für junge Studierende. Bezüglich des „Tag gegen Lärm“ dankt sie Brigitte Schulte-Fortkamp für die Aktionsleitung.

Am Tag gegen Lärm 2020 konnte nach dem Ausfall der Aktionen im Frühjahr 2020 zumindest die zentrale Veranstaltung zur „Stadt der Zukunft“ im Herbst 2020 mit über 100 Teilnehmenden online stattfinden. Am diesjährigen Tag gegen Lärm 2021 fand eine Online-Veranstaltung mit dem Motto „Immer noch zu laut!“ statt. Auf der DEGA-Webseite wurden sechs YouTube-Videos für Kinder („Noisella lehrt Akustik“) veröffentlicht. Auch fanden wieder viele Aktionen bundesweit (größtenteils digital) statt; viele davon gemeinsam mit der Presse (siehe Akustik Journal Nr. 02/21).

- Herr Behler verweist auf die derzeit 78 Fördermitglieder und bedankt sich in diesem Zusammenhang für die damit verbundene Unterstützung in schwierigen Zeiten. Er erläutert, dass in den letzten Monaten keine neuen DEGA-Projekte beim Vorstand beantragt wurden, und er lädt vor allem die Fachausschüsse zur Planung und Beantragung neuer Projekte ein.
- Herr Sarradj fasst zusammen, dass die DEGA im Rahmen des „International Year of Sound 2020–2021“ mehrere YouTube-Videos veröffentlicht hat („Faszination Akustik“ / „So klingt meine Welt“ / „Noisella lehrt Akustik“). Ebenso hat der Fachausschuss Bau- und Raumakustik zwei neue Memoranden herausgegeben (zu gebäudetechnischen Anlagen / zur Trittschalldämmung). Die EAA wird in Kürze ein neues Online-Archiv

„Documenta Acustica Electronica“ für ihre Mitglieder erstellen, in dem auch die Ausgaben der „Acta Acustica united with Acustica“ (1996–2019) wieder zugänglich sein werden und ebenso die ersten drei Jahrgänge der „Acta Acustica“ (1993–1996).

- Herr Seeber informiert über den neuen DEGA-Lärmschutzpreis, bei dem der Gewinner-Beitrag feststeht und die Preisverleihung im Herbst 2021 erfolgen wird. Beim neuen DEGA-Preis für Kommunikationsräume wurde ebenfalls ein Gewinner-Beitrag benannt; die Preisverleihung findet im Rahmen der laufenden DAGA statt. Im November 2021 wird das 14. DEGA-Symposium „Interaktive Auralisierung für die Planung von Räumen“ in Berlin stattfinden. Beim DEGA-Dissertationsregister sind demnächst deutlich erweiterte Inhalte zu erwarten (mit einem Dank an Herrn Sonntag). Weiterhin wird das Online-Lehrangebot „TU9 MOOC Communication Acoustics“ gut nachgefragt.

Herr Klemenz erwähnt, dass viele Fachausschüsse die Chance genutzt haben, im „DAGA-freien“ ersten Halbjahr 2021 ihre Sitzungen und Workshops online durchzuführen. Hinsichtlich der DEGA-Akademie konnten im Jahr 2020 drei Kurse stattfinden, nämlich „Bauakustik“ (Braunschweig), „DEGA-Schallschutzausweis“ (online) und erstmals der neue Kurs „Raumakustik kompakt“ (Hannover). Ein Dank geht hierfür an die Kursleiter. Im Jahr 2021 hat der Kurs Bauakustik (Braunschweig) bereits stattgefunden; für den Herbst sind die Kurse „Psychoakustik“ (online), „Raumakustik kompakt“ (Braunschweig) und „DEGA-Schallschutzausweis“ (online) geplant. Reisekostenzuschüsse wurden im Jahr 2020 verständlicherweise nicht vergeben (weder an Studierende noch an Promovierende).

4. Finanzbericht

Herr Behler und Herr Klemenz erläutern den Finanzrechnungsbildungsbericht für das Jahr 2020 sowie den vom Vorstand aufgestellten und vom Vorstandsrat genehmigten Finanzplan für 2021, jeweils unterteilt in Ein- und Ausgaben. Sie erläutert auch die sich daraus ergebenden Rücklagen der DEGA.

Das Jahr 2020 wurde aufgrund der Corona-Krise mit einem Verlust abgeschlossen, der aber geringer ausgefallen ist als ursprünglich prognostiziert. Dies liegt vor allem an einem Teil der DAGA-Teilnehmenden, die nach der Tagungs-Absage ihren Anspruch auf eine Rückzahlung der Tagungsgebühren (dankenswerterweise) nicht eingefordert haben. Ein weiterer Grund liegt in den Sachausgaben für das Projekt „Tag gegen Lärm/ALD 2020–2021“, die zu einem großen Teil nicht in 2020, sondern erst in 2021 ausgegeben werden. Aufgrund des o.g. Verlustes haben sich die Rücklagen im Jahr 2020 entsprechend reduziert. So hat die Corona-Krise, die sämtliche Bereiche des öffentlichen Lebens hart getroffen hat, letztlich auch die DEGA nicht verschont.

Die Planung für das Jahr 2021 sieht eine „schwarze Null“ vor, im Sinne einer Worst-Case-Abschätzung. Als Besonderheit übernimmt die DEGA in diesem Jahr bei der Auslandstagung DAGA 2021 selbst keine finanzielle Verantwortung. Dadurch sind keine eigenen Ausgaben für die DAGA fällig; auf der Einnahmenseite werden hingegen die Personal-Leistungen entschädigt und Vorschüsse zurückgezahlt. Bei den sonstigen Einnahmen- und Ausgabenpositionen werden die üblichen Erfahrungswerte angesetzt. Wobei die „schwarze Null“ wegen der genannten Verschiebungen aber keine Rückschlüsse auf eine dauerhafte Stabilität zulässt; eine langfristige Konsolidierung der Finanzen ist weiterhin erforderlich.

5. Bericht der Rechnungsprüfer

Bei der letzten Mitgliederversammlung wurden Stephan Lippert und Thomas Geyer als Rechnungsprüfer wiedergewählt. Herr Geyer berichtet, dass die Kasse der DEGA auch im Geschäftsjahr

2020 wieder einwandfrei und übersichtlich geführt wurde. Einzelbuchungen und Rücklagen sind umfassend belegbar. Es konnten keine Unregelmäßigkeiten festgestellt werden. So empfiehlt er die Entlastung des Vorstands. Herr Verhey dankt Herrn Geyer und Herrn Lippert für den Bericht.

6. Entlastung des Vorstands

Auf Antrag von Herrn Jäcker-Cüppers werden Vorstand und Geschäftsführer einstimmig entlastet, wobei sich die Vorstandsmitglieder und der Geschäftsführer bei dieser Abstimmung nicht beteiligen.

7. Wahl der Rechnungsprüfer

Herr Lippert und Herr Geyer haben sich beide bereit erklärt, als Rechnungsprüfer der DEGA weiterhin zur Verfügung zu stehen. Beide werden ohne Gegenstimmen in dieses Amt gewählt, und Herr Verhey dankt ihnen für ihre Bereitschaft.

8. Berichte aus den Fachausschüssen und Fachgruppen

Die anwesenden DEGA-Fachausschüsse (FA) und Fachgruppen (FG) berichten über ihre zurückliegenden Aktivitäten sowie über aktuelle Planungen und verweisen auf die kommenden Sitzungen bzw. Versammlungen. Im Folgenden werden die wichtigsten Ereignisse in Stichpunkten aufgezählt (aufgrund von technischen Problemen waren nicht alle Berichte für alle Teilnehmenden hörbar, so dass einige Berichte für das Protokoll nachgereicht wurden).

- FG „junge DEGA“ (Vincent Radmann): erste Runde des Mentoring-Programms erfolgreich beendet, Dank an Mentorinnen und Mentoren, Herbstworkshop 2020 wurde leider abgesagt
- FG ALD – Arbeitsring Lärm der DEGA (Dirk Schreckenberger): erneute Bewilligung von UBA-Zuschüssen, Leitung neu gewählt, Dank an Herrn Jäcker-Cüppers für seine langjährige Leitung, mehrere Positionspapiere und Newsletter veröffentlicht, Veranstaltung „Schienenverkehrslärm“ im März 2021, Koordinierung der Jury beim DEGA-Lärmschutzpreis, ALD-Broschüren werden aktualisiert bzw.

demnächst neu herausgegeben

- FA Elektroakustik (Daniel Beer): Rückblick auf Herbsttreffen 2020 (online) zum Thema „Simulationswerkzeuge in der Elektroakustik“, Herbsttreffen 2021 in Planung, fortlaufende Mitarbeit in Standardisierungsgremien „Mikrofone und Kopfhörer“ und „Lautsprecher“
- FA Fahrzeugakustik (Ercan Altinsoy): Leitung wiedergewählt, diesjährige Sitzung fand im Juni 2021 digital statt, digitaler Herbstworkshop 2021 geplant
- FA Hörakustik (Janina Fels, schriftl. Bericht): Leitung 2020 wiedergewählt, Aktivitäten von Mitgliedern zum International Year of Sound, Ideen für neue DEGA-Projekte
- FA Lärm – Wirkungen und Schutz (André Fiebig): Rückblick auf Online-Workshop „Potenzial der Psychoakustik für die Lärmaktionsplanung“ (März 2021), Mitwirkung beim Tag gegen Lärm 2020/2021 bzw. bei den Veranstaltungen „Stadt der Zukunft“ und „Immer noch zu laut!“
- FA Lehre der Akustik (Malte Kob, stellv.): neue Leitung 2020 gewählt, Projekt „Überarbeitung des DEGA-Mindestkanons mit Erweiterung auf Master-Inhalte“ wird fortgeführt
- FA Musikalische Akustik (Malte Kob): Rückblick auf Veranstaltungen „ISMA 2019“ und „Vienna Talk“, demnächst Online-Kompodium zu akustischen Effekten, Sitzung des FA zum Thema „200. Geburtstag von Helmholtz“
- FA Physikalische Akustik (Joachim Bös): Leitung 2020 wiedergewählt, zwei virtuelle Sitzungen im November 2020 und im März 2021, nächster Herbstworkshop 2021 zum Thema „Modelle der physikalischen Akustik“, Planungen für spätere Workshops
- FA Sprachakustik (Janto Skowronek): weiterhin Vernetzung mit der ITG und der ESSV-Tagung
- FA Strömungsakustik (Manfred Kaltenbacher): DEGA-Akademie-Kurse „Strömungsakustik“ neu konzipiert; diese werden auf Februar 2022 verschoben (im Online-Format)
- FA Ultraschall (Claus-Dieter Ohl):

Rückblick auf Online-Sitzung im Januar 2021, im Herbst 2021 Workshop „Kavitation – vom Modell zur Anwendung“ in Drübeck

- FA Virtuelle Akustik (Franz Zotter): Rückblick auf den europäischen Studierenden-3D-Audiowettbewerb, 14. DEGA-Symposium „Interaktive Auralisierung für die Planung von Räumen“ im November 2021 in Berlin
- Herr Verhey dankt allen Vertreterinnen und Vertretern für ihre Berichte und das darin sichtbar gewordene Engagement ihrer Fachausschüsse/-gruppen.

9. Verschiedenes

Herr Verhey lädt alle Mitglieder weiterhin dazu ein, Artikel für das Akustik Journal einzureichen.

10. Termin der nächsten Mitglieder-versammlung

Die nächste Mitgliederversammlung wird voraussichtlich am Montag, den 21.03.2022 während der DAGA 2022 in Stuttgart stattfinden, möglicherweise wieder im hybriden Format. Termin und Ort werden im Akustik Journal vier Wochen vorher bekannt gegeben.

Herr Verhey dankt allen Anwesenden und schließt gegen 19:00 Uhr die Mitgliederversammlung.

Berlin, den 08.09.2021 ■

*Martin Klemenz
(Geschäftsführer der DEGA),
Jesko Verhey,
(Präsident der DEGA)*

■ Neue Mitglieder des DEGA-Vorstandsrats gewählt

Die Mitglieder der DEGA haben per Briefwahl 14 Mitglieder des Vorstandsrats neu gewählt.

Zur Information: Der Vorstandsrat bestimmt über alle wichtigen Fragen des Vereins und wählt den Vorstand. Neben den Leiterinnen und Leitern der Fachausschüsse, den Mitgliedern des Vorstands und den ehemaligen Präsidenten gehören dem Vorstandsrat u. a. 14 direkt gewählte Mitglieder an.

Die Wahlunterlagen wurden am 16.06.2021 an alle DEGA-Mitglieder verschickt. Am 15.09.2021 wurden die eingegangenen Wahlbriefe durch den Wahlausschuss (Prof. Dr. Joachim Bös, Prof. Dr. Alexander Raake, Dr. Martin Klemenz) ausgezählt. Weitere Angaben zur Wahldurchführung können dem Akustik Journal 01/21 (Februar 2021) entnommen werden.

Die folgenden Kandidatinnen und Kandidaten sind in den Vorstandsrat neu bzw. wiedergewählt worden und haben die Wahl angenommen:

- Prof. Dr. Jens Ahrens, Chalmers University of Technology, Göteborg (S)
- Prof. Dr. André Fiebig, Technische Universität Berlin
- Prof. Dr. Klaus Genuit, HEAD acoustics GmbH, Herzogenrath
- Dr. Regina Heinecke-Schmitt, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Dresden
- Prof. Dr. Malte Kob, Hochschule für Musik Detmold

- Dr. Christian Koch, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
- Prof. Dr. Birger Kollmeier, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
- M.Sc. Dorothea Lincke, Empa, Dübendorf (CH)
- Prof. Dr. Ennes Sarradj*, Technische Universität Berlin
- Prof. Dr. Ulrich Schanda, Technische Hochschule Rosenheim
- M.Sc. Martin Schneider, Hochschule für Technik Stuttgart
- Prof. Dr. Brigitte Schulte-Fortkamp, HEAD-Genuit-Stiftung, Herzogenrath
- Prof. Dr. Bernhard Seeber*, Technische Universität München
- Dr. Franz Zotter, Universität für Musik und darstellende Kunst Graz (A)

* Hinweis: Bei Mitgliedern des Vorstands der DEGA erfolgt der Amtsantritt gemäß § 16(3) der DEGA-Wahlordnung nur dann, falls das Mitglied nach der kommenden Wahl (Frühjahr 2022) zum 01.07.2022 aus dem Vorstand ausscheiden sollte. Die Amtszeit der restlichen 12 Mitglieder hat bereits begonnen und endet im Herbst 2024.

Wir wünschen den neuen bzw. wiedergewählten Mitgliedern viel Erfolg bei der Mitarbeit im Vorstandsrat! ■

Der Wahlausschuss

■ Wahlausschreibung für drei Wahlen im Frühjahr 2022

Im Frühjahr 2022 stehen drei Wahlen an, die gemäß § 6 der DEGA-Wahlordnung hiermit ausgeschrieben werden:

- Wahl des Vizepräsidenten / der Vizepräsidentin,
- Wahl des Schatzmeisters / der Schatzmeisterin,
- Wahl von drei weiteren Vorstandsmitgliedern.

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

Im Folgenden gelten Personenbezeichnungen gleichermaßen für Personen männlichen und weiblichen Geschlechts.

1) Wahl des Vizepräsidenten (d. h. des designierten Präsidenten)

Im Jahr 2022 wird gemäß § 16(3) der Satzung ein neuer Vizepräsident vom Vorstandsrat gewählt, dessen Wahl hiermit ausgeschrieben wird. Er ist gleichzeitig designierter Präsident und übernimmt nach drei Jahren, d. h. im Sommer 2025, gemäß § 16(2) der Satzung automatisch für weitere drei Jahre das Amt des Präsidenten.

In gleicher Weise wird auch die derzeitige Vizepräsidentin, Prof. Dr. Sabine Langer, im Sommer 2022 das Amt der Präsidentin bis zum Jahr 2025 übernehmen. Die bisherigen Präsidenten 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 Vorländer, Jesko Verhey.

2) Wahl des Schatzmeisters

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

Die bisherigen Schatzmeister der DEGA seit 1989 waren bzw. sind:

Joachim Herbertz, Volker Mellert, Günther Schommartz, 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 dem Präsidenten, dem Vizepräsidenten (designierten Präsidenten), dem Schatzmeister 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. Jesko Verhey, Präsident
- Prof. Dr. Sabine Langer, Vizepräsidentin
- Dr. Gottfried Behler, Schatzmeister
- Prof. Dr. Stefan Becker
- Prof. Dr. Ennes Sarraj
- Prof. Dr. Bernhard Seeber

Für alle drei Wahlen gilt:

- Alle DEGA-Mitglieder sind berechtigt und aufgefordert, Kandidatinnen und Kandidaten für die drei Wahlen vorzuschlagen (d. h. Vizepräsident, Schatzmeister 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 66). Der Abgabeschluss für die Wahlvorschläge ist **Mittwoch, der 05. Januar 2022**.
- Die vorgeschlagenen Personen haben danach drei Wochen Zeit, ihre Bereitschaft zur Kandidatur schriftlich zu erklären.
- Wahlberechtigt sind in allen drei Fällen die Mitglieder des DEGA-Vorstandsrates. Die Wahl erfolgt im Briefwahlverfahren, und zu den

Wahlterminen werden die abgegebenen Stimmen vom Wahlausschuss ausgezählt.

- Der Wahlausschuss, bestehend aus Prof. Dr. Martin Ochmann (Wahlleiter), Prof. Dr. André Jakob 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 Kandidat für mehrere Ämter kandidieren will. Sollte er in ein Amt gewählt werden und diese Wahl annehmen, würde 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:

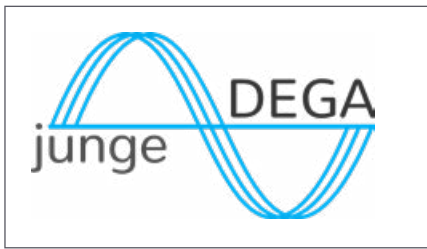
- Abgabeschluss für Wahlvorschläge: Mi., 05.01.2022
- Abgabeschluss der Bereitschaft zur Kandidatur: Mi., 26.01.2022
- Bekanntgabe der gültigen Wahlvorschläge für die drei Ämter: Mi., 02.02.2022
- Abgabefrist, die Bereitschaft zur Kandidatur ggf. zu widerrufen: Mi., 16.02.2022
- Versand der Wahlunterlagen (1. Wahl – Vizepräsident): Mi., 02.03.2022
- **1. Wahl - Vizepräsident/designierter Präsident:** Mi., 27.04.2022
- Versand der Wahlunterlagen (2. Wahl – Schatzmeister): Fr., 29.04.2022
- **2. Wahl – Schatzmeister:** Mi., 25.05.2022
- Versand der Wahlunterlagen (3. Wahl – Vorstandsmitglieder): Mo., 30.05.2022
- **3. Wahl – drei weitere Vorstandsmitglieder:** Mi., 22.06.2022

Amtsantritt der gewählten Personen: Fr., 01.07.2022 ■

Der Wahlleiter

■ Fachausschüsse / Fachgruppen

Fachgruppe „junge DEGA“



Vorsitzender:

Vincent Radmann, Technische Universität Berlin
viradmann@aol.com

Voll schöner Erlebnisse und spannender Begegnungen ist die junge DEGA von der DAGA in Wien zurückgekehrt. Dank der großartigen Unterstützung junger Akustiker:innen von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften konnten wir auf der Sommer-DAGA ein tolles Programm auf die Beine stellen und dieses auch vor Ort umsetzen. Einige Veranstaltungen, wie die Podiumsdiskussion oder Research in Short(s), konnten dabei auch als hybride Formate durchgeführt werden. Neben den alten Bekannten im Programm der jungen DEGA konnte vor allem Research in Short(s) begeistern und wird sicher auch einen Platz im Programm für die nächste DAGA in Stuttgart finden. Technische Schwierigkeiten gab es einzig bei der Fachgruppensitzung, weshalb diese leider nicht hybrid stattfinden konnte. Aufgrund fehlender Beschlussfähigkeit konnte daher keine neue Leitung gewählt werden, was auf der DAGA 2022 nachgeholt wird.

Im Herbst wird nun das junge-DEGA-Mentoring in die zweite Runde starten, was sich auch in diesem Jahr wieder großer Beliebtheit erfreut. Wir möchten daher auf diesem Weg noch einmal allen Mentor:innen danken, die uns bei diesem Programm so großartig unterstützen! Alle wichtigen News stehen wie immer auf www.dega-akustik.de/jd zur Verfügung. ■

Vincent Radmann

Arbeitsring Lärm der DEGA (ALD)



Vorsitzender:

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

DAGA 2021 – Strukturierte Sitzungen mit Beteiligung des ALD

Der ALD hat die folgende Strukturierte Sitzungen auf der DAGA 2021 in Wien am 17.08.2021 organisiert:

- „Innovativer städtebaulicher Lärmschutz in Wien“ mit 2 Einführungsvorträgen (ALD/Stadt Wien) und nachfolgender Exkursion unter Leitung von Jochen Richard vom ALD und Stefan Eder von der Stadt Wien mit insgesamt 19 Teilnehmer:innen zu sehenswerten Orten der ökologischen Wiener Stadt- und Verkehrsplanung. Besucht wurden u. A.
 - Mariahilferstraße, Zoller- und Neubaugasse: Straßenumbau zu Gunsten des Fuß- und Radverkehrs, Pflanzenbeete (siehe Abbildung unten)
 - Yppenplatz: Typische Mischnutzung in einem Bestandsquartier
 - der ausgedehnte Rudolf-Rednar-Park im Neubaugebiet auf dem ehemaligen Nordbahnhof mit vielfältigen Nutzungen wie Ruheinseln, Pflanzenwiesen und Skaterbahnen.



Die folgenden klassischen strukturierten Sitzungen wurden hybrid durch-

geführt. Es nahmen jeweils um die 60 Personen teil, davon etwa 50 % online.

- „Schienenverkehrslärm – Erfolge und Perspektiven“; Sitzungsleitung: Uwe Ritterstaedt, Stellvertretung: M. Jäcker-Cüppers
- Gemeinsame Strukturierte Sitzung des ALD, des FA Lärm und des FA Fahrzeugakustik „Kfz-Lärm – neue Probleme und Lösungen“; Sitzungsleitung: FA Lärm: Andre Fiebig, FA Fahrzeugakustik: E. Altinsoy, ALD: M. Jäcker-Cüppers.

Sofern die Vortragenden ein Manuskript eingereicht haben, kann dieses im Tagungsband zur DAGA 2021 (siehe S. 5) eingesehen werden.

Ankündigung einer digitalen ALD-Veranstaltung: „Weniger Lärm an Landeplätzen“

Gemeinsam mit der Bundesvereinigung e. V. (BVF) gegen Fluglärm wird sich der ALD Ende November/Anfang Dezember in einer Online-Veranstaltung den Problemen zuwenden, die durch die Lärmbelastung aus der allgemeinen Luftfahrt vor allem für die Nachbarschaft von Flugplätzen bestehen, die nicht in den Anwendungsbereich des Fluglärmsgesetzes fallen. Der Bogen der Präsentationen wird sich spannen von den administrativen Möglichkeiten, Anforderungen an das Fluggerät und Betriebsregelungen für den Flugplatz zu stellen, über technische Möglichkeiten der Lärminderung an den Flugzeugen bis zur Schilderung von Erfahrungen Lärmbetroffener zu ihren Bemühungen um weniger Fluglärm. Der Schwerpunkt wird auf dem Flugbetrieb der meist kleineren einmotorigen Maschinen im Hobby- und Freizeitflugverkehr außerhalb des Geschäfts- und Charterflugverkehrs liegen. Diese fliegen oft zu Zeiten, in denen die vom Fluglärm Betroffenen ein besonderes Ruhebedürfnis haben, also an Wochenenden, Sonn- und Feiertagen und nachmittags bzw. abends. Dargestellt werden soll, wie Genehmigungsbehörden und auch die Flugplatzbetreiber durch die Festlegung von Flugrouten und weiteren Betriebsregelungen die Fluglärmbelastung der Anrainer entscheidend beeinflussen können, aber

auch wie ein gutes Beschwerdemanagement zur Entspannung des Verhältnisses zwischen den Fluglätzen und den Anrainern beitragen kann.

Die Zugangsdaten zur Veranstaltung werden mit dem Tagungsflyer auf der Internetseite des ALD ab Mitte Oktober verfügbar sein. ■

*Christian Beckert
Christian Popp
Dirk Schreckenberg*

Fachausschuss Bau- und Raumakustik



Vorsitzender:

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

Während der DAGA in Wien wurde am 17.08.2021 erstmalig eine hybride Sitzung des Fachausschusses Bau- und Raumakustik, also mit Teilnehmenden in Wien und weiteren Personen online, durchgeführt. Das verwendete System der Tagung war, wie im Vorfeld angekündigt, auf Vorträge ausgerichtet, sodass die Sitzung eher kurz ausfiel und für Mitteilungen genutzt wurde. Das Protokoll zur Sitzung wurde am 06.09.2021 an den Verteiler des Fachausschusses durch die Geschäftsstelle nebst zwei Anlagen versandt. Das Memorandum zur Raumakustik wird in Kürze zur Abstimmung versandt. Allen Mitwirkenden sei auch hier noch einmal gedankt!

Inwieweit eine Hybrid-Sitzung wiederholt werden sollte, sei dahingestellt. Die nächste Sitzung des Fachausschusses ist jedenfalls in Präsenz geplant. Nach nunmehr fast zwei Jahren mit virtuellen Online-Sitzungen ist einiges nachzuholen. Daher ist am 10.11.2021, 16 Uhr eine gemeinsame Exkursion zum Orgelzentrum Valley geplant (Infos: <http://www.lampl-orgelzentrum.com>). Dieses „Vor-Treffen“

am 10.11.2021 kann hoffentlich die lange Zeit ohne DEGA-FA-Treffen ein wenig kompensieren helfen und bietet Gelegenheit eines Austauschs am 10.11.2021 abends; frei nach dem Motto: Wenn schon Fachausschuss, dann richtig!

Am 11.11.2021, ab 9 Uhr geht es in Rosenheim bei der Fa. Hamberger (Infos: <https://www.hamberger.com>) mit der Sitzung des Fachausschusses weiter. Der aktuelle Planungsstand zur Tagesordnung der 59. Sitzung ist wie folgt:

9:00 Uhr: Beginn der Sitzung

1. Begrüßung und Vorstellung Fa. Hamberger
 2. Beschluss der Tagesordnung
 3. Verabschiedung des Protokolls der 58. Sitzung
 4. Berichte zu
 - Aktivitäten VMPA-Kommission
 - Neues aus der Normung
 5. Vorschau DAGA 2022 – Strukturierte Sitzungen
 6. Weitere Aktivitäten mit und durch den Fachausschuss
 - DIN 4109 – Diskussion zur Überarbeitung
 - DIN 18041 – Diskussion zur Überarbeitung
 7. Ort und Termin der nächsten Sitzung (geplant während der DAGA 2022 in Stuttgart)
 8. Verschiedenes
 9. Werksbesichtigung
- ca. 12:00 Uhr: Ende der Sitzung
Mittag bei Fa. Hamberger
13:30 Uhr: Besichtigung Neue Prüfhalle des IFT, Rosenheim
Transfer Rosenheim – Holzkirchen
16:00 Uhr: Besichtigung Pfarrkirche in Holzkirchen (DEGA-Preis für Kommunikationsräume 2021).

Zu der Sitzung am 11.11.2021 wird rechtzeitig eine separate Einladung mit der finalen Tagesordnung verschickt. Anreise, Transfers zwischen Valley, Rosenheim und Holzkirchen, wie auch eventuelle Übernachtungen, sind selbst zu organisieren. Mit der Einladung zur Sitzung folgen weitere Informationen; eventuell kann ein teilweise gemeinsamer Transfer von Rosenheim nach Holzkirchen organisiert werden. Es bleibt zu hoffen, dass die aktuellen Pandemiebedingungen

auch im November noch ein Treffen erlauben. Sollten Treffen (3G, 2G oder wie es auch immer geht) nicht möglich sein, müsste eventuell spontan wiederum eine Online-Sitzung (dann leider ohne Rahmenprogramm) stattfinden.

Alle Mitglieder des Fachausschusses sind wiederum herzlich eingeladen, weitere Themen vorzuschlagen. ■

*Christian Nocke
Henning Alphe
Tobias Kirchner*

Fachausschuss Lärm: Wirkungen und Schutz



Vorsitzender:

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

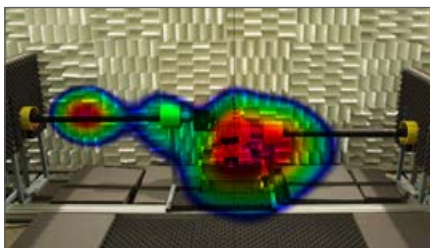
Die Mitgliederversammlung des FA Lärm fand am 16. August 2021 in Wien während der DAGA in hybrider Form statt. Die Sitzung war mit 22 Präsenzteilnehmenden und 24 Personen, die online zugeschaltet waren, gut besucht. Im Bericht über die Aktivitäten des vergangenen Jahres standen vor allem die Unterstützung der Aktion „Tag gegen Lärm“ mit ihren zentralen Veranstaltungen im November 2020 und April 2021 sowie der Frühjahrsworkshop zum Potential der Psychoakustik für die Lärmaktionsplanung im Mittelpunkt. Einige Vorträge des Frühjahrsworkshops 2021 sind nun auf der Webseite der DEGA verfügbar. In diesem Zusammenhang besteht auch der Wunsch, eine Arbeitsgruppe zum Thema „Psychoakustik und Lärmaktionsplanung“ zu installieren. Ferner wurden erste Vorschläge für strukturierte Sitzungen für die DAGA 2022 in Stuttgart (z. B. Freizeitlärm oder wirkungsbezogene Bewertungsmaße) diskutiert. Der FA Lärm plant für den kommenden Winter, einen Workshop als virtuelle

Veranstaltung zum Themenkomplex „Freizeitlärm“ durchzuführen. Vorschläge für Beiträge zum Programm sind jederzeit herzlich willkommen. Nähere Informationen zum geplanten Workshop erhalten Sie in Kürze.

Ferner ist gemeinsam mit dem FA Physikalische Akustik im September 2022 die Organisation und Durchführung eines Herbstworkshops in Präsenz zu den Themen Infraschall und tieffrequenter Hörschall geplant. Wir freuen uns auf diese Kooperation! ■

*André Fiebig
Frederik Gast*

Fachausschuss Physikalische Akustik



Vorsitzender:

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

37 Vorträge und 5 Poster auf der DAGA 2021 in Wien

In den unter Beteiligung von Mitgliedern des Fachausschusses organisierten Strukturierten Sitzungen „Acoustic Metamaterials“, „Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz für Vibroakustik, Ultraschall sowie Zustandsüberwachung von Strukturen und Maschinen“ und „Meeresakustik und Wasserschall“ auf der DAGA 2021 in Wien wurden insgesamt 37 Vorträge und 5 Poster präsentiert. Vielen Dank an alle Organisierenden und Vortragenden!

Fachausschusssitzung am 18.08.2021

Im Rahmen der DAGA 2021 in Wien fand am 18.08.2021 eine Fachausschusssitzung im hybriden Format (in Präsenz vor Ort mit online-Übertragung) statt, an der 20 Personen, davon 17 Fachausschussmitglieder, teilnahmen. Themen

waren u.a. die nächsten DEGA-Workshops Physikalische Akustik (siehe unten), Vorschläge für Strukturierte Sitzungen für die DAGA 2022 in Stuttgart und mögliche Beiträge aus dem Fachausschuss für die nächsten Ausgaben des Akustik Journals. Das Protokoll zur Sitzung wurde am 24.08.2021 an alle Fachausschussmitglieder und Interessierten versandt.

Herbstworkshop am 21./22.10.2021 in Bad Honnef

Am 21. und 22. Oktober 2021 (Donnerstag/Freitag) wird im Physikzentrum Bad Honnef der 26. DEGA-Workshop Physikalische Akustik, diesmal zum Thema „Modelle der physikalischen Akustik“, als Präsenzveranstaltung stattfinden. Falls das nicht möglich sein sollte, wird er verschoben. Das Workshop-Programm, eine Einladung und ein Anmeldeformular finden sich unter <https://www.dega-akustik.de/26-workshop-honnef>. Eine Teilnahmegebühr wird nicht erhoben. Die Anmeldung sollte möglichst frühzeitig erfolgen, da die Unterbringungsmöglichkeiten im Physikzentrum begrenzt sind.

Thema für den Herbstworkshop 2022 in Bad Honnef

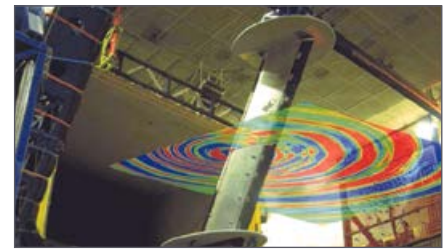
Bei der o.g. Fachausschusssitzung wurde das Thema „Infraschall und tieffrequenter Schall“ bereits für den 27. DEGA-Workshop Physikalische Akustik 2022 beschlossen. Der Workshop wird am 29./30. September 2022 (Donnerstag/Freitag) ebenfalls im Physikzentrum Bad Honnef stattfinden und in Kooperation mit dem Fachausschuss „Lärm: Wirkungen und Schutz“ und dem ALD organisiert und durchgeführt werden.

Nächste Fachausschusssitzung

Die nächste Fachausschusssitzung wird im Rahmen des o.g. 26. DEGA-Workshops Physikalische Akustik am 21. Oktober 2021, voraussichtlich ab 13:40 Uhr, im Physikzentrum Bad Honnef stattfinden. Alle Fachausschussmitglieder und Interessierten sind herzlich dazu eingeladen! ■

Joachim Bös

Fachausschuss Strömungsakustik



Vorsitzender:

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

Bei der DAGA 2021 in Wien war der Fachausschuss mit dem Vorkolloquium Strömungsakustik (4 Vorträge) und drei strukturierten Sitzungen vertreten: (1) Überströmte Absorber (Lars Enghardt und Stefan Becker) mit 6 Vorträgen; (2) Physik der Strömungsakustik (Jan Delfs und Manfred Kaltenbacher) mit 14 Vorträgen; (3) Messtechnik an rotierenden Systemen (Carsten Spehr, Thomas Geyer, Gert Herold) mit 5 Vorträgen. Zusätzlich gab es 12 Vorträge aus dem Bereich Strömungsakustik in regulären Sitzungen und 2 Poster-Präsentationen. Bei dieser Gelegenheit möchten wir den Veranstalter*innen für die äußerst gut organisierte Tagung danken und auch besonders zum Ausdruck bringen, dass es ein Genuss war, sich nach langer Zeit wieder direkt zu treffen. Zudem funktionierte das Zuschalten von Online-Teilnehmer*innen in den meisten Fällen sehr gut.

Der DEGA Akademie Kurs Strömungsakustik hat ein neues überarbeitetes Konzept und wird rein online vom 21.02. bis 24.02.2022 stattfinden. Der gesamte Kurs wird in die zwei Teilkurse

- Strömungsakustik 1 – Grundlagen, Auslegungen und industrielle Anwendungen (21.02.–22.02.2022)
- Strömungsakustik 2 – Theorie und Numerische Berechnungsverfahren samt Anwendungen (23.02.–24.02.2022)

unterteilt. Der Kurs 1 lehrt die Strömungsakustik von den Grundlagen zu den Anwendungen in kompakter und praxisnaher Form. Er richtet sich insbe-

sondere an Entwicklungsingenieure, Ingenieure in Forschungs- und Hochschulinstituten, aber auch an Mitarbeiter in Beratungsfirmen und behördlichen Einrichtungen, die sich mit diesem Themenkomplex intensiv auseinandersetzen bzw. beschäftigen wollen. Der Kurs 2 ergänzt den Kursteil 1 und lehrt die Theorie der Strömungsakustik und gibt einen intensiven Einblick in die CAA Berechnungsverfahren. Es wird der momentane Entwicklungsstand in der Behandlung strömungsakustischer Fragestellungen aufgezeigt. Der Kurs richtet sich speziell an Entwicklungsingenieur*innen in der Industrie und Ingenieur*innen in Forschungs- und Hochschulinstituten, die schon auf dem Gebiet der Strömungsakustik Erfahrungen haben und sich mit diesem Themenkomplex im Detail auseinandersetzen möchten.

Das nächste Online-Treffen des Fachausschusses wird im Januar 2022 stattfinden. Datum sowie Agenda wird rechtzeitig per E-Mail versendet. ■

*Manfred Kaltenbacher
Marc Schneider
Lars Enghardt*

Fachausschuss Ultraschall



Vorsitzender:

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

Der FA Ultraschall traf sich während der DAGA am 17.08.2021 zur Mitgliederversammlung mit insgesamt 22 Teilnehmenden. Es wurde die neue Geschäftsordnung beschlossen und über geplante Aktivitäten gesprochen. Vom 29.11. bis 01.12.2021 findet in Drübeck der 9. Kavitations-Workshop statt; der Anmeldeschluss ist bereits erreicht. Zum 16.09. haben sich bereits 50 Inte-

ressierte angemeldet. Im nächsten Jahr (20.–22.06.2022) ist der Workshop „Messtechnische Anwendungen von Ultraschall“ geplant, der ebenfalls in Drübeck stattfinden wird.

Auf der DAGA 2022 in Stuttgart organisiert der FA Ultraschall zwei strukturierte Sitzungen zu den Themen „Mikroakustik im Experiment und in der Simulation“ und „Medizinischer Ultraschall“. Zum Abschluss der Mitgliederversammlung wurden Herr Claus-Dieter Ohl als Vorsitzender und Frau Ulrike Steinmann als stellvertretende Vorsitzende für 3 Jahre wiedergewählt.

Bei der vergangenen DAGA 2021 in Wien fand auch wieder eine strukturierte Sitzung zur Kavitation statt. Unter dem Titel „Kavitation an Grenzflächen: Jets, Chemie und Erosion“ tauschte sich die Fachgemeinde über die neuesten Forschungsergebnisse und Entwicklungen aus, und das nicht nur auf dem Gebiet der Ultraschallkavitation. In der Tat zeigten die große Anzahl an Beiträgen und die Vortragsthemen einmal mehr, dass die Jahrestagung für Akustik auch für die Nicht-Akustiker einen interessanten Anlaufpunkt in Sachen Kavitation darstellt. Dies liegt natürlich am interdisziplinären Charakter des Themas, der sich auch in diesem Jahr widerspiegelte. So wurde über die Laserablation unter Flüssigkeit im Zusammenhang mit der Erzeugung von Nanopartikeln (Maximilian Spellauge, Anton Plech) ebenso referiert wie über die Anwendung lasererzeugter Blasen als Mikropumpe (Robin Schädel) und die detaillierte Untersuchung verschiedener Arten von Wolkenkavitation in Strömungen (Grigorios Hatzissawidis). Natürlich kamen auch die traditionellen Ultraschallthemen zum Zuge, so beispielsweise Untersuchungen zu akustischen Kavitationsblasenstrukturen in höherviskosen Flüssigkeiten (Atiyeh Aghelmaleki) oder die Optimierung eines Sensors für Kavitationsgeräusche in beschallten Metallschmelzen (Ulf Bauerschäfer). Einen breiteren Raum nahmen in gewohnter Weise die Vorträge zu Fortschritten auf dem Gebiet

der numerischen Simulation ein. Als „hot topics“ konnte man vielleicht die folgenden Themen aus der Sitzung heraushören, zu denen es jeweils mehrere Vorträge gab: 1. Untersuchungen zum „fast jet“, einem nadelartigen und sehr schnellen Flüssigkeitsstrahl auf die feste Grenzfläche beim Blasenkollaps direkt am Objekt (Max Koch, Fabian Reuter, Christiane Lechner); 2. Nanoblasen und Nukleation (Juan Manuel Roselló, Patricia Pfeiffer, Julian Eisener); 3. Röntgenbildgebung von Kavitation (Hannes Hoeppe, Malte Vassholz). Auf diesen Gebieten wird man vermutlich in nächster Zeit nicht nur weitere interessante Ergebnisse, sondern auch manche Überraschung erwarten können. Abschließend kann man feststellen, dass die strukturierte Sitzung zur Kavitation einmal mehr einen guten Querschnitt der aktuellen Forschung zeigen konnte, und dass auch trotz der hybriden Veranstaltungsform in den aktuellen „Corona-Zeiten“ die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einen intensiven Austausch pflegen konnten. ■

*Claus-Dieter Ohl
Robert Mettin*

Fachausschuss Virtuelle Akustik



Vorsitzender:

Dr. Franz Zotter, Kunstuniversität Graz
zotter@iem.at

Am 12. und 13. November veranstaltet der Fachausschuss das DEGA-Symposium „Interaktive Auralisierung für die Planung von Räumen“ in Berlin (<https://www.dega-akustik.de/veranstaltungen/dega-symposium>). Wir laden herzlich zur Anmeldung und Teilnahme ein.

Der 3D-Audioproduktionswettbewerb (S3DAPC) bekam 2021 insgesamt

27 Einreichungen aus 9 Ländern. Die 25-köpfige internationale Jury nominiert bis zur Tonmeistertagung (3.–6. Nov. 2021) 3 Einreichungen in 3 Kategorien, vorzuhören ab der Tonmeistertagung und online. Am Freitag, 19. Nov. 2021 findet die Preisverleihung als Online-Event statt. Institutionen mit geeigneter Lautsprecheranlage werden zur Organisation live verbundener Public-Listening-Sessions eingeladen und technisch unterstützt.

Im Treffen des Fachausschusses auf der DAGA 2021 wurde über die Beteiligung von FA-VA-Mitgliedern an Sitzungen auf der DAGA und i3da berichtet, an den Bestrebungen zur Erweiterung des SO-FA-Standards, und an der Ausrichtung des 3D-Audiowettbewerbs 2020. Aufgrund terminlicher Überschneidungen wurde beschlossen, die Wahl der Fachausschussleitung elektronisch im Herbst 2021 durchzuführen. ■

Franz Zotter

■ Fachausschüsse und Fachgruppen der DEGA stellen sich vor (Teil 6)

Fachausschuss Lärm: Wirkungen und Schutz

Der Fachausschuss „Lärm: Wirkungen und Schutz“ (FA Lärm) wurde im Jahr 2003 auf der DAGA in Aachen gegründet und befasst sich somit bereits seit vielen Jahren aktiv mit den wissenschaftlichen Grundlagen, den praktischen Anwendungen sowie der Normung in allen Bereichen der Akustik, die mit Lärm und seinen Wirkungen auf den Menschen in Verbindung stehen. Dabei sind die auralen und extra-auralen Wirkungen ebenso wie Fragen zur Vermeidung von Lärm und zur technischen Optimierung von Lärmschutzmaßnahmen von besonderem Interesse für den Fachausschuss. Grundsätzlich ist das Thema der unerwünschten Geräusche, wodurch die Gesundheit nachhaltig negativ beeinflusst werden kann, in allen Bereichen des täglichen Lebens relevant, ob am Arbeitsplatz, in Bildungseinrichtungen, in der Freizeit oder in der eigenen Wohnung.

Die Bandbreite der Thematik, die sich aus den zahlreichen Expositionssituationen ergeben, spiegelt sich auch in den unterschiedlichen Fragestellungen der Herbstworkshops des FA Lärms wider, z. B. Lärm im Krankenhaus, Schulen und Kita – Stressfaktor Lärm, Lärm am Flughafen BER oder Lärm am Arbeitsplatz. Diese Liste der durchgeführten Workshops lässt sich noch mit Themen ergänzen, in denen neue Erkenntnisse der Soundscape-Forschung und der Psychoakustik zur Anwendbarkeit in der Bewertung von Umgebungsgeräuschen oder der Lärmkartierung diskutiert wurden.

Vielfach reichen die Fragestellungen des FA Lärms thematisch in andere Fachausschüsse und Disziplinen hinein. Hier entstehen immer häufiger Kooperationen mit anderen Fachausschüssen und Fachgruppen. Der FA Lärm arbeitet eng mit dem Arbeitsring Lärm der DEGA (ALD) zusammen und organisiert mit vielen Fachausschüssen, wie dem FA Fahrzeugakustik, FA Hörakustik oder dem FA Physikalische Akustik gemeinsame Veranstaltungen und strukturierte Sitzungen im Rahmen der DAGA.

Eine zentrale Aufgabe des FA Lärm ist die aktive Unterstützung bei der Organisation und der Durchführung von Aktionen und Veranstaltungen bezogen auf den „Tag gegen Lärm“. Der Tag gegen Lärm als Teil des weltweiten Aktionstages „International Noise Awareness Day“ wird in Deutschland seit 24 Jahren erfolgreich von der DEGA organisiert und führt unter anderem auch zu Aktionen an Schulen, bei denen sich Kinder aktiv mit den Wirkungen von Geräuschen auseinandersetzen und für die Gefahren durch Lärm sensibilisiert werden.

Aufgrund zunehmender gesellschaftlicher Veränderungen, die beispielsweise zu neuen Mobilitätsanforderungen, neuen Geräuschquellen, zu veränderten städtebaulichen Entwicklungen oder auch zu neuen gesetzlichen Rahmenbedingungen führen, werden immer wieder neue Lösungen und Vorgehensweisen benötigt. Dadurch ist und bleibt die Mitarbeit im FA Lärm spannend und abwechslungsreich.

Interessent*innen können dem FA Lärm jederzeit über eine schriftliche Mitteilung an die Leitung des FA Lärm oder an die Geschäftsstelle der DEGA als Mitglied beitreten.



Besichtigung der Prüfräume am Institut für Arbeitsschutz der DGUV in St. Augustin während des Herbstworkshops 2019 zum Thema „Lärm am Arbeitsplatz“. Hier Vorführung der Gehörschützerprüfung im reflexionsarmen Halbraum

André Fiebig & Frederik Gast

■ Mitglieder / Fördermitglieder

Derzeit hat die Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V.

- 1.990 persönliche Mitglieder
- und 78 Fördermitglieder (Stand September 2021).

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

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

- ACOEM GmbH, Hallbergmoos
- Akustikbüro Schwartzberger und Burkhart, Pöcking / Weimar
- ALN Akustik Labor Nord GmbH, Kiel
- AMC Schwingungstechnik, Asteasu (E) / Nürnberg
- Amorim Deutschland GmbH, Delmenhorst
- ARRK Engineering GmbH, München
- BASF SE, Ludwigshafen
- Baswa AG, Baldegg (CH)
- Bayer Bauphysik Ingenieurgesellschaft mbH, Fellbach
- Bertrandt Technikum GmbH, Ehningen
- BeSB GmbH, Berlin
- Brose Fahrzeugteile GmbH, Oldenburg
- CADFEM GmbH, Grafing
- CAE Software und Systems GmbH, Gütersloh
- Carcoustics TechConsult GmbH, Leverkusen
- Cervus Consult GmbH, Willich
- Cirrus Research GmbH, Frankfurt/M.
- Comsol Multiphysics GmbH, Göttingen
- DataKustik GmbH, Gilching
- Ecophon Deutschland, Lübeck
- EDAG Engineering GmbH, München
- EM Plan, Neusäß
- ESI Engineering System International GmbH, Neu-Isenburg
- Gesellschaft für Sonder-EDV-Anlagen mbH, Hofheim
- Getzner Werkstoffe GmbH, Bürs (A)
- GN Bauphysik Ingenieurgesellschaft mbH, Stuttgart
- G.R.A.S., Holte (DK)
- HEAD acoustics GmbH, Herzogenrath
- HEAD-Genuit-Stiftung, Herzogenrath
- Hottinger Brüel & Kjaer GmbH, Darmstadt
- IAC Industrial Acoustics Company GmbH, Niederkrüchten
- IFB Ingenieure GmbH, Bad Teinach-Zavelstein
- Kötter Consulting Engineers GmbH & Co. KG, Rheine
- Kraiburg Relastec GmbH & Co. KG, Salzwedel
- Kurz und Fischer GmbH Beratende Ingenieure, Winnenden
- Lärmkontor GmbH, Hamburg
- Laim Consult GmbH, Bargteheide
- Lehrstuhl Strömungsmaschinen, Universität Rostock
- Lignotrend Produktions GmbH, Weilheim-Bannholz
- Metecno Bausysteme GmbH, Blankenhain
- Microflow Technologies BV, Arnhem (NL)
- Microtech Gefell GmbH, Gefell
- Möhler + Partner Ingenieure AG, München
- Molex CVS Bochum GmbH, Bochum
- Müller-BBM Gruppe, Planegg bei München
- Norsonic Tippkemper GmbH, Oelde-Stromberg
- Novicos GmbH, Hamburg
- NTi Audio GmbH, Essen
- Odeon A/S, Lyngby (DK)
- PCB Synotech GmbH, Hückelhoven
- ProCom-Bestmann e.K., Naumburg
- Regupol BSW GmbH, Bad Berleburg
- Renz Systeme GmbH, Aidlingen
- Rockwool Rockfon GmbH, Gladbeck
- Röchling Automotive SE & Co. KG, Worms
- Saint-Gobain Isover G+H AG, Ladenburg
- Schaeffler Gruppe, Herzogenaurach
- Schöck Bauteile GmbH, Baden-Baden
- Sealed Air Verpackungen GmbH, Alsfeld
- Sennheiser electronic GmbH & Co. KG, Wedemark
- Siemens Industry Software GmbH, München
- Sika Automotive Frankfurt-Worms GmbH
- Sinus Messtechnik GmbH, Leipzig
- solaris Ingenieur-Consult GmbH, Chemnitz
- Sonatech GmbH & Co. KG, Ungerhausen
- SoundPLAN GmbH, Backnang
- Soundtec GmbH, Göttingen
- Spektra Schwingungstechnik und Akustik GmbH, Dresden
- Stapelfeldt Ingenieure GmbH, Dortmund
- Steffens Systems GmbH, Köln
- Sto SE & Co. KGaA, Stühlingen
- Texaa, Gradignan (F)
- Umfotec GmbH, Northheim
- Valeo Telematik und Akustik GmbH, Friedrichsdorf
- Verlagsgesellschaft R. Müller GmbH & Co. KG, Köln
- Wölfel Gruppe, Höchberg
- WRD GmbH, Aurich
- ZF Friedrichshafen AG, Friedrichshafen



soundscape

Wie klingt unsere Umwelt?

Binaurale Aufnahmen, mobile Messsysteme, (psycho-) akustische Analysen mit HEADscape, Standardisierung (DIN ISO 12913): Wegbereitende Soundscape-Innovation, die Geräuschqualität ganzheitlich bewertet – nur von HEAD acoustics.

Normen/Richtlinien

Neue Regelwerke zu den Themen Akustik und Lärminderung (Juni 2021 – Sept. 2021)

Bezeichnung	Titel	Preis*
Fachgebiet Bau- und Raumakustik		
DIN EN ISO 10140-1	Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 1: Anwendungsregeln für bestimmte Produkte (ISO 10140-1:2021); Deutsche Fassung EN ISO 10140-1:2021	137,70 €
DIN EN ISO 10140-2	Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 2: Messung der Luftschalldämmung (ISO 10140-2:2021); Deutsche Fassung EN ISO 10140-2:2021	77,30 €
DIN EN ISO 10140-3	Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 3: Messung der Trittschalldämmung (ISO 10140-3:2021); Deutsche Fassung EN ISO 10140-3:2021	77,30 €
DIN EN ISO 10140-4	Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 4: Messverfahren und Anforderungen (ISO 10140-4:2021); Deutsche Fassung EN ISO 10140-4:2021	77,30 €
DIN EN ISO 10140-5	Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 5: Anforderungen an Prüfstände und Prüfeinrichtungen (ISO 10140-5:2021); Deutsche Fassung EN ISO 10140-5:2021	117,20 €
Fachgebiet Elektroakustik / Messgeräte		
DIN EN 60268-7	Elektroakustische Geräte – Teil 7: Kopfhörer und Ohrhörer (IEC 60268-7:2010 + COR1:2012 + A1:2020); Deutsche Fassung EN 60268-7:2011 + A1:2020	148,10 €
DIN EN ISO 11904-2	Akustik – Bestimmung der Schallimmission von ohrnahen Schallquellen – Teil 2: Verfahren unter Verwendung eines Kopf- und Rumpfsimulators (ISO 11904-2:2021); Deutsche Fassung EN ISO 11904-2:2021	83,20 €
E DIN EN 50695, VDE 0830-9	Lautsprecher-Durchsage-System-General-Notfallalarm-System, Kommunikations-System für Marine-Anwendungen; Deutsche und Englische Fassung FprEN 50695:2021	38,18 €
E DIN EN 62820-1-1/AA, VDE 0830-91-1-1/AA	Gebäude-Sprechanlagen – Teil 1-1: Generelle Systemanforderungen; Deutsche und Englische Fassung EN 62820-1-1:2016/prAA:2021 (Einspruchsfrist: 20.10.2021)	15,13 €
Fachgebiet Lärmschutz		
DIN ISO/TS 12913-3	Akustik – Soundscape – Teil 3: Datenanalyse (ISO/TS 12913-3:2019)	96,40 €
Fachgebiet Maschinen- und Fahrzeugakustik		
DIN ISO 10494	Turbinen und Turbosätze – Messung der Luftschallemission – Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 2 bzw. 3 (ISO 10494:2018)	117,20 €
DIN ISO 16084	Auswuchten von rotierenden Werkzeugen und Werkzeugsystemen (ISO 16084:2017)	158,80 €
DIN SPEC 77229-5	Technische Dienstleistungen – Leistungskategorien und -inhalte für industrielle verfahrenstechnische Anlagen – Teil 5: Kälte-, Wärme- und Schallisolierung	0,00 €

Bezeichnung	Titel	Preis*
E DIN EN 12102-1	Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze, Wärmepumpen, Prozesskühler und Entfeuchter mit elektrisch angetriebenen Verdichtern – Bestimmung des Schallleistungspegels – Teil 1: Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze, Wärmepumpen zur Raumbeheizung und -kühlung, Entfeuchter und Prozesskühler; Deutsche und Englische Fassung prEN 12102-1:2021	111,90 €
Fachgebiet Ultraschall / Hydroakustik		
DIN EN IEC 60565-1	Wasserschall – Hydrophone – Kalibrierung von Hydrophonen – Teil 1: Verfahren für die Freifeldkalibrierung von Hydrophonen (IEC 60565-1:2020); Deutsche Fassung EN IEC 60565-1:2020	239,20 €
DIN EN ISO 22232-2	Zerstörungsfreie Prüfung – Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung – Teil 2: Prüfköpfe (ISO 22232-2:2020); Deutsche Fassung EN ISO 22232-2:2020	137,70 €
E DIN EN ISO 23864	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Ultraschallprüfung – Verwendung der automatisierten Totalfokussierungsmethode (TFM) und verwandte Technologien (ISO 23864:2021); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 23864:2021	117,20 €

*) Download

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

Publikationen

Übersicht

- Alle Online-Publikationen sind auf <https://www.dega-akustik.de/publikationen> frei verfügbar.
- Gedruckte Publikationen (außer ⁴⁾) 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“ (1970–2020)		X ²⁾
	Proceedings ICA / INTER-NOISE		X ³⁾
Empfehlungen und Memoranden	DEGA-Empfehlung 101: Akustische Wellen und Felder		X
	DEGA-Empfehlung 102: Mindestkanon Akustik in der Bachelor-Ausbildung		X
	DEGA-Empfehlung 103: Schallschutz im Wohnungsbau - Schallschutzausweis		X
	Memorandum „Die allgemein anerkannten Regeln der Technik in der Bauakustik“ (DEGA BR 0101)		X
	Memorandum „Schallschutz im eigenen Wohnbereich“ (DEGA BR 0104)		X
	Memorandum zur Durchführung und Dokumentation von Audio-Produktionen für wissenschaftliche Anwendungen in der Akustik (DEGA VA 1201)		X
	Memorandum „Beurteilung der Geräusche gebäudetechnischer Anlagen“ (DEGA BR 0105)		X
	Memorandum „Tieffrequente Schallübertragung von schwimmenden Estrichen“ (DEGA BR 0106)		X
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 € ⁴⁾	
	Heft 6: Von der Luftsirene bis zur russischen Aeroakustik	29,95 € ⁴⁾	
	Heft 7: Lord Rayleigh, Sir Horace Lamb, Sir James Lighthill	22,95 € ⁴⁾	

	Name	gedruckt	online
	Heft 8: Große Wissenschaftler mit Beiträgen zur Akustik	32,95 € ⁴⁾	
	Heft 9: Kundt, Waetzmann, Schuster	26,95 € ⁴⁾	
	Heft 10: Eberhard Zwicker, Lothar Cremer und Manfred Heckl	32,95 € ⁴⁾	
	Heft 11: Erwin Meyer, Heinrich Barkhausen und Walter Reichardt	29,95 € ⁴⁾	
Fachgebiet Lärm	YouTube-Video „So klingt meine Welt“		X
	YouTube-Videos „Noisella lehrt Akustik“		X
	Broschüre „Lärm im Alltag“		X
	ALD-Broschüre „Straßenverkehrslärm“		X
	Hörbeispiele und Geräuschsituationen		X
	ALD-Broschüre „Energiewende und Lärmschutz“	2,00 €	X
	ALD-Broschüre „TEchnologies of NOise Reduction (TENOR)“		X
	ALD-Broschüre „Schienenverkehrslärm – Ursachen, Wirkungen, Schutz“	2,00 €	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 Lehre der Akustik	Dissertationsregister Akustik		X
	Studienführer „EAA Schola“		X
	YouTube-Video „Faszination Akustik – Eine Reise durch die Welt des Schalls“		X
Fachgebiet Hörakustik	Kompendium zur Durchführung von Hörversuchen in Wissenschaft und industrieller Praxis (Entwurf)		X

¹⁾ für Mitglieder

²⁾ die zugehörigen CD-/DVD-/Buchprodukte (sofern vorhanden) können weiterhin käuflich erworben werden

³⁾ Anleitung für den Zugang unter <https://www.dega-akustik.de/dega/aktuelles/ica-und-inter-noise/>

⁴⁾ Preise ohne Gewähr; Bestellungen ausschließlich über <https://westarp-bs.de>

■ **Buchrezension****Manfred Zollner****„Physik der Elektrogitarre“
(Band 1 und 2)****1.290 Seiten**

Warum sollte ein weiterer Review über ein Buch erscheinen, das nach der ersten Auflage ausverkauft und womöglich gar nicht mehr in Buchform erhältlich ist? Aus meiner Sicht gibt es drei Gründe: zum einen ist das Buch in Umfang und Stil tatsächlich einzigartig (Gregor Snelting 2015 in einer Rezension des Buchs in Spektrum.de), zum anderen ist es als vollständiges pdf-Dokument beim Autor erhältlich (kostenfrei, optionale Spende). Und drittens werden die Texte und Bilder des Buchs in Kombination mit z. Zt. 52 Tutorials und Animationen elektroakustischer Phänomene angeboten, die auf der unten angegebenen Webseite als Youtube-Videos verlinkt sind. Somit wird die Darbietung so komplexer Zusammenhänge, wie sie bei der Entstehung des E-Gitarrenklangs nun einmal auftreten, unserem Zeitalter elektronischer Medien durchaus gerecht.

Den Charakter des Buchs – und dabei auch seiner selbst – beschreibt Manfred Zollner, der leidenschaftlicher Gitarrist ist, in der „Einstimmung“ zu seinem Buch recht treffend so: *„Also noch so ein Buch über die Elektrogitarre! Dieses Ding, dem der geniale Segovia die Bezeichnung ‚Musikinstrument‘ absprechen wollte. Über die „Stromgitarre“, die zwar irgendwie elektrisch funktioniert, aber trotzdem bei jedem Saitenanschlag bis in die letzte Holzfaser ‚resonieren‘ muss. Es wird nicht leicht werden – weder für den Autor, noch für den Leser. Ja gut, auch für die Leserin, so viel Zeit muss sein. Nun denn: Wenn man Behauptungen über die Wirkung einer Tonabnehmer-Abschirmhaube aufstellt, sollte man sie begründen. Drei gute Gründe sind: Das physikalisch/mathematische Modell, das Messergebnis, und die Übereinstimmung dieser beiden. Ein physikalisch/mathematisches Modell setzt nun aber Grundkenntnisse in Physik und Mathematik voraus, und eigentlich ist das eine bodenlose Untertreibung, denn fürs Verständnis von Modenkopplungen muss zum Grundlagenwissen auch noch ordent-*

liches Spezialwissen kommen. Deshalb ist die „Physik der Elektrogitarre“ kein Buch geworden, das den Musiker beim Kauf der Gitarre berät, sondern eine Dokumentation langjähriger Forschungsarbeit. Weil der Autor aber auch nicht der große Theoretiker ist, haben es einige Gedanken gelegentlich an der linken Hirnhälfte vorbei direkt aufs Papier geschafft, und die sind auch ohne große mathematisch/physikalische Vorbildung verständlich. Hoffentlich! Sie sollten zumindest nicht unverständlicher sein als die Behauptung, Erlenholz ergäbe sowohl fette als auch dezente Bässe, und eine sowohl akzentuierte als auch schwammige Ansprache.“

Auf ca. 1.300 Seiten in 12 Kapiteln und zahlreichen Anhängen vermittelt der Autor in ihm eigenen Stil alle Grundlagen der Elektrotechnik und Akustik, die für das Verständnis der vielschichtigen Einflussfaktoren auf den Klang der Elektrogitarre von Bedeutung sind. In eigenen Abschnitten vermittelt er Einblicke in von Musikern oft erahnte aber in ihrer Tiefe doch erschreckende Abgründe des Gitarrenbaus, -vertriebs und -tunings.

Im Detail erfreut die sehr tiefgehende Betrachtung physikalisch-elektrotechnischer Grundlagen und der insbesondere für die Praxis klanglich relevanten Besonderheiten der Elektrogitarre und aller damit verbundener Geräte. Schwerpunkte liegen im ersten Band auf der physikalischen Betrachtung der Schwingungseigenschaften der Saiten und der Bestandteile des Gitarrenkörpers und ihrer Interaktion sowie der Funktion und Eigenschaften der Tonabnehmer. Im zweiten Band werden die elektrischen Komponenten zwischen Tonabnehmer und Lautsprechermembran sowie Grundlagen der Psychoakustik und Messtechnik behandelt. Schwerpunkte liegen hier auf den klanglich bedeutsamen Komponenten, wobei immer wieder branchentypische Stereotypen hinterfragt und für die musikalische Praxis vermeintlich bedeutsame Konstruktionen und Bauelemente als nur für den Hersteller vorteilhaft überführt werden. Das Buch behandelt ausschließlich die Elektrogitarre (auch nicht E-Bass oder

(halb)akustische Gitarren) und die für ihr Spiel nötigen Komponenten wie Kabel, Verstärker und Lautsprecher. Hilfsmittel für erweiterte Spieltechniken (z. B. eBow, Gitarren-Synthesizer, Looper etc.) oder hybride bzw. experimentelle Bauformen (z. B. MIDI E-Gitarre) und Modifikationen (z. B. beschrieben in Bart Hopkin & Yuri Landman: Nice Noise) sind nicht Thema des Buchs.

Die wichtigsten für Rock, Jazz und Blues genutzten Effektgeräte und die heute weit verbreiteten Modelling-Amps werden ausführlich dargestellt. Bei der Erläuterung der Funktion wird hier – wie auch bei den Verstärkern – die Funktion und klangliche Bedeutung der Bauelemente hervorgehoben. Dies geht oft bis zur konkreten Benennung von Hersteller, Typ, Einbau und Kennlinien der in typischen Geräten eingesetzten Bauteile. Ein für mich besonders spannender Abschnitt (10.8.5 Verzerrer) widmet sich den Klangunterschieden verschieden verzerrter Gitarrentöne. Hier erreicht – wie auch an mehreren anderen Stellen im Buch – die Anwendung einer Kombination aus elektrotechnischem, signaltheoretischem und psychoakustischem Grundwissen eine faszinierende Komplexität und vermittelt mit zahlreichen Abbildungen und Erläuterungen ein Verständnis für den Einfluss der Transistor- oder Röhrenkennlinie auf den Sound.

Zum Status des Werks: die Druckausgabe von 2014 ist vergriffen; eine Neuauflage ist nicht geplant. 2015 war noch ein dritter Band vorgesehen, erschienen sind schließlich 2 Bände sowie ein direkt vom Autor erhältliches pdf-Dokument des aktuellen und vollständigen Werks mit ca. 1.300 Seiten. Die Tutorials und Animationen finden sich als Links auf:

<https://www.gitarrenphysik.de>.

In Tutorial T40 findet sich der Hinweis auf den Bezug der pdf-Version des Buchs. ■

*Malte Kob
Hochschule für Musik, Detmold*

Anhang:

Die Elektrogitarre und ihr „Zubehör“ sind ideale Forschungsobjekte der Elektroakustik: Schwingungstechnik, Magne-

tik, Signalverarbeitung, Schaltungstechnik, Akustik – die ganze Bandbreite. Seit Februar 2021 gibt es hierzu auch PDFs und Videos, die kostenlos und werbefrei von der neu geschaffenen Website unter <https://www.gitarrenphysik.de> heruntergeladen werden können.

Die Fachtexte sind in die Bereiche Gitarre/Akustik/Signalverarbeitung/Schaltungstechnik gegliedert, Download über <https://www.gitarrenphysik.de/literatur>. Nicht immer steht die Gitarre im Fokus, auch zu Grundlagenthemen wie z.B. Hilbert-Transformation, Messtechnik, Bauteile, Lautsprecher, viskoelastische Systeme oder fraktionale Ableitungen finden sich Erläuterungen. Zu einigen Themen (insbesondere Saiten- und Membran-Schwingungen, Wellentypen,

Tonabnehmer-Magnetik) gibt es auf <https://www.gitarrenphysik.de/animations> kurze Video-Clips. Ausführliche, ca. einstündige Lehrvideos sind unter <https://www.gitarrenphysik.de/videos> abrufbar. ■

Die Redaktion

Aus der Industrie

Veranstaltungshinweis

Hottinger Brüel & Kjær: Schall und Schwingungs-Event im Oktober und November 2021



Als weltweit führendes Unternehmen in den Bereichen Schall und Schwingung, sowie Prüf- und Messtechnik, lädt Sie Hottinger Brüel & Kjær dieses Jahr zu den „HBK Solution Days“ ein. Die Eventreihe findet vom 26.–28.10.2021 in München, sowie vom 16.–19.11.2021 in Darmstadt statt und bietet Ihnen die Möglichkeit, an einem oder mehreren Schulungstagen wertvolle Informationen und praktische Tipps und Tricks von HBK-Experten zu erhalten.

Insbesondere der Tag „Schall & Schwingung im Fokus“, der am 28. Oktober 2021 in München und am 18. November 2021 in Darmstadt stattfindet, empfiehlt HBK Anwender*innen aus dem Bereich Akustik. Fünf ausgewählte Themenblöcke ermöglichen einen besonders abwechslungsreichen und interessanten Event-Tag – mit zahlreichen praktischen Anwendungstipps und Zeit zum Netzwerken mit Trainern und anderen Teilnehmer*innen.

Hottinger Brüel & Kjær freut sich, Sie vor Ort zu treffen und sich mit Ihnen auszutauschen. Melden Sie sich jetzt an!

Themen des Fokustages „Schall & Schwingung“ sind:

- Schallmessung, Analyse und Auswertung im Arbeits- und Umweltschutz
- Lärmschutz to go!
- ... und wie laut ist der Rasenmäher Ihres Nachbarn? Produktgeräusche verstehen und optimieren
- 5 Klicks: Datenerfassung, Analyse und Auswertung auf Knopfdruck
- Ein Bild sagt mehr als 1.000 Worte – Schall schnell und einfach sichtbar machen

Infos und Anmeldung:



HBK Solution Days

eingereicht von:

Hottinger Brüel & Kjær GmbH ■

Impressum

Akustik Journal Nr. 03 / Oktober 2021

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.-Ing. habil. Stefan Becker

Prof. Dr. rer. nat. Bastian Epp

Prof. Dr. phil. André Fiebig

Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Kletschowski

Prof. Dr.-Ing. Malte Kob

Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra

Redaktionsassistentz

Dipl.-Ing. Evelin Baumer

Dr.-Ing. Martin Klemenz

Anzeigen

Julia Schneiderheinze (M.A.)

E-Mail: jschneiderheinze@dega-akustik.de

Layout und Satz

Dipl.-Ing. Evelin Baumer

E-Mail: ebaumer@dega-akustik.de

Gestaltungskonzept

Heilmeyer und Sernau Gestaltung

Web: www.heilmeyerundserna.com/

Druck

Königsdruck Printmedien und digitale
Dienste GmbH

Web: www.koenigsdruck.de

Bildnachweise

S. 1 – Titelseite: © Helmholtz-Gemeinschaft; S. 5 – Aktuelles: International Year of Sound 2020–2021, Logo © mit freundlicher Genehmigung der International Commission for Acoustics (ICA); S. 6 – Aktuelles: 14. DEGA-Symposium, Logo © Stefan Weinzierl, TU Berlin; S. 37 – Ehrungen der DEGA: Preisträger:innen (K. Brandenburg, K. Müller, V. Radmann) © Daniel Hinterramskogler, Wien, Copyright DEGA e. V.; S. 37 – Ehrungen der DEGA: DEGA-Preis für Kommunikationsräume, Logo © Julia Echtermhoff, julustrationen.de, Copyright DEGA e. V.; S. 40 – Ehrungen der DEGA: Projektvorstellung, Vogelperspektive Pfarrkirche Holzkirchen © Achim Bunz; S. 41 – Ehrungen der DEGA: Projektvorstellung, Innenraum Pfarrkirche Holzkirchen © Achim Bunz; S. 41 – Ehrungen der DEGA: Projektvorstellung, Längsschnitt Pfarrkirche Holzkirchen © Müller-BBM GmbH, Planegg; S. 43 – Veranstaltungen: 14. DEGA-Symposium, Logo © Stefan Weinzierl, TU Berlin; S. 46 – Veranstaltungen: DAGA 2022, Philip Leistner © Fraunhofer IBP, Stuttgart; S. 46 – Veranstaltungen: DAGA 2022, Universität Stuttgart, Campus Vaihingen © U. Regenscheit; S. 46 – Veranstaltungen: DAGA 2022, Blick in den Vortragssaal © DAGA 2007, Copyright DEGA e. V.; S. 47 – Veranstaltungen: DAGA 2022, Kultur- und Kongresszentrum Liederhalle © Florian Selig; S. 53 – Veranstaltungen: DAGA 2022, Ausstellungsimpression © Christian Hass, DAGA 2007; S. 59 – DEGA: Fachgruppe Arbeitsring Lärm der DEGA, Zollergasse, Wien © Michael Jäcker-Cüppers, Berlin; S. 54 – DEGA: Fachausschuss Bau- und Raumakustik © mit freundlicher Genehmigung der Firma Müller-BBM GmbH; S. 54 – DEGA: Fachausschuss Lärm: Wirkungen und Schutz © A.F.X. Süß, Berlin, Copyright DEGA e. V.; S. 55 – DEGA: Fachausschuss Physikalische Akustik © SAM, TU Darmstadt; S. 55 – DEGA: Fachausschuss Strömungsakustik © Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik, Braunschweig; S. 56 – DEGA: Fachausschuss Ultraschall © romaset / fotolia.com; S. 56 – DEGA: Fachausschuss Virtuelle Akustik © Yria Chor; S. 57 – DEGA: Fachausschüsse und Fachgruppen der DEGA stellen sich vor © André Fiebig, Berlin; S. 65 – Aus der Industrie: Hottinger Brüel & Kjaer Eventreihe © G-Stock Studio / Shutterstock

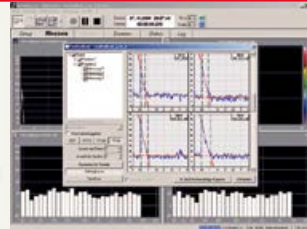
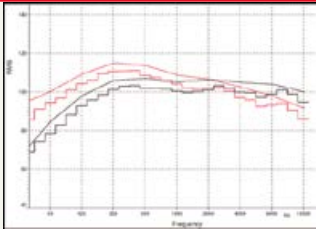
LAF **64.2** dB

LAF **72.0** dB

- Ferngesteuerte Lärmmessungen
- E-Mail-Versand bei Grenzwertüberschreitung
- Passiver Browser-Zugriff für Dritte
- Eichfähig mit Aussenmikrofon
- Anbindung per LAN, WLAN oder 4G

Bauakustische Messungen

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

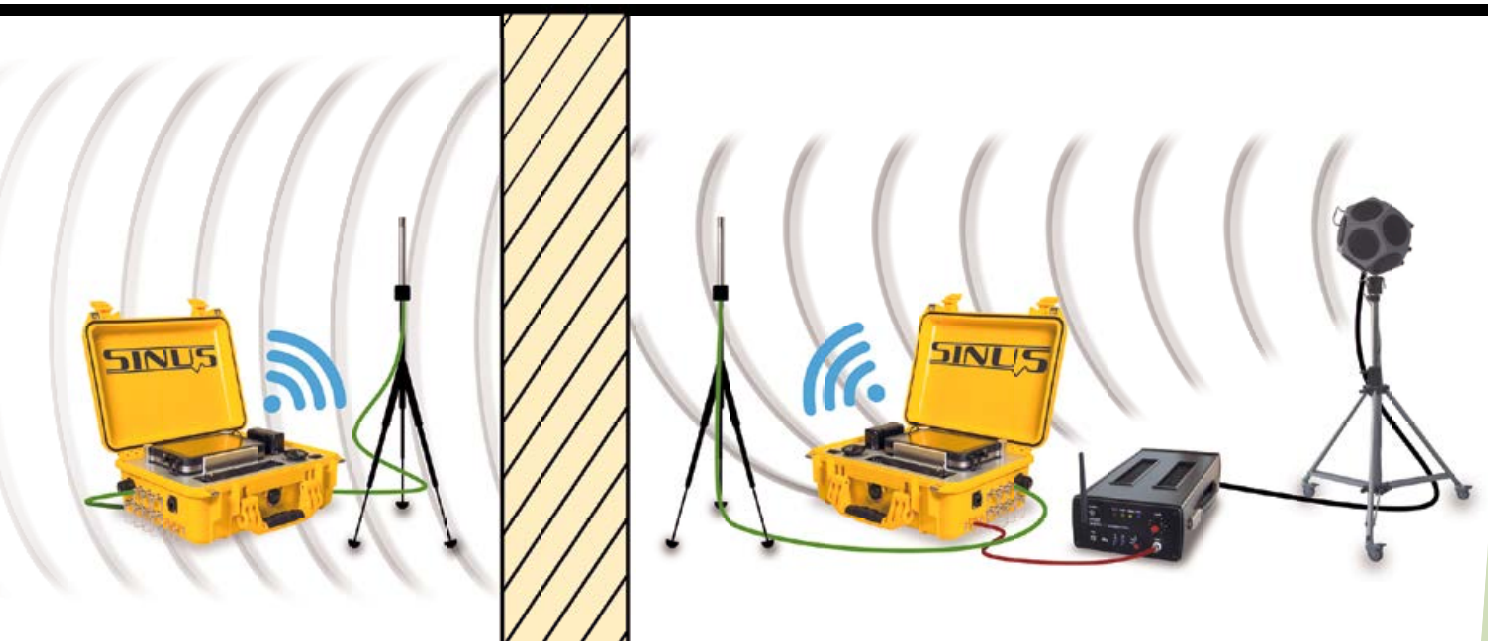


Effektive und normgerechte bauakustische Messungen nach den aktuellen Normen mit NoisePad™ + SAMURAI™

Als mehrkanaliges Messsystem kann mit einem NoisePad gleichzeitig im Sende- und im Empfangsraum gemessen werden. Die SAMURAI Option Building Acoustics erfüllt die Anforderungen der aktuellen Normen und internationalen Standards.

Bei bauakustischen Messungen sind Kabel zu einem anderen Raum oft ein Hindernis. Deshalb bieten wir für die drahtlose normgerechte Messung eine Geräteerweiterung für NoisePad mit WLAN-Router und Zusatzakku in einem stabilen PELI Koffer. Zwei Geräte arbeiten dann synchron über die WLAN Funkverbindung.

Die komplette Bedienung durch den Nutzer erfolgt von einem Gerät.



Empfangsraum

Wand

Senderraum



SINUS Messtechnik GmbH

Föpplstrasse 13
04347 Leipzig

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

• www.soundbook.de
• info@soundbook.de