

AKUSTIK JOURNAL



Wann ist ein Ton ein Ton? – Auf der Suche nach aeroakustischen Quellmechanismen ■ Raumakustik – zur Normbarkeit von Räumen ■ Verzerrungen: gerade oder ungerade? ■ Akustik-Weiterbildung ■ Preisträgerin der DEGA ■ Vorschau: DAGA 2020 ■ ALD-Veranstaltungen: „Lärmaktionsplanung – 3. Stufe“ und „Innenstadtverdichtung – Bedeutung für Lebensqualität und Gesundheit“ ■ DEGA-Akademie: Kurs „Bauakustik – von den Grundlagen zur Anwendung“ ■ International Year of Sound 2020 ■

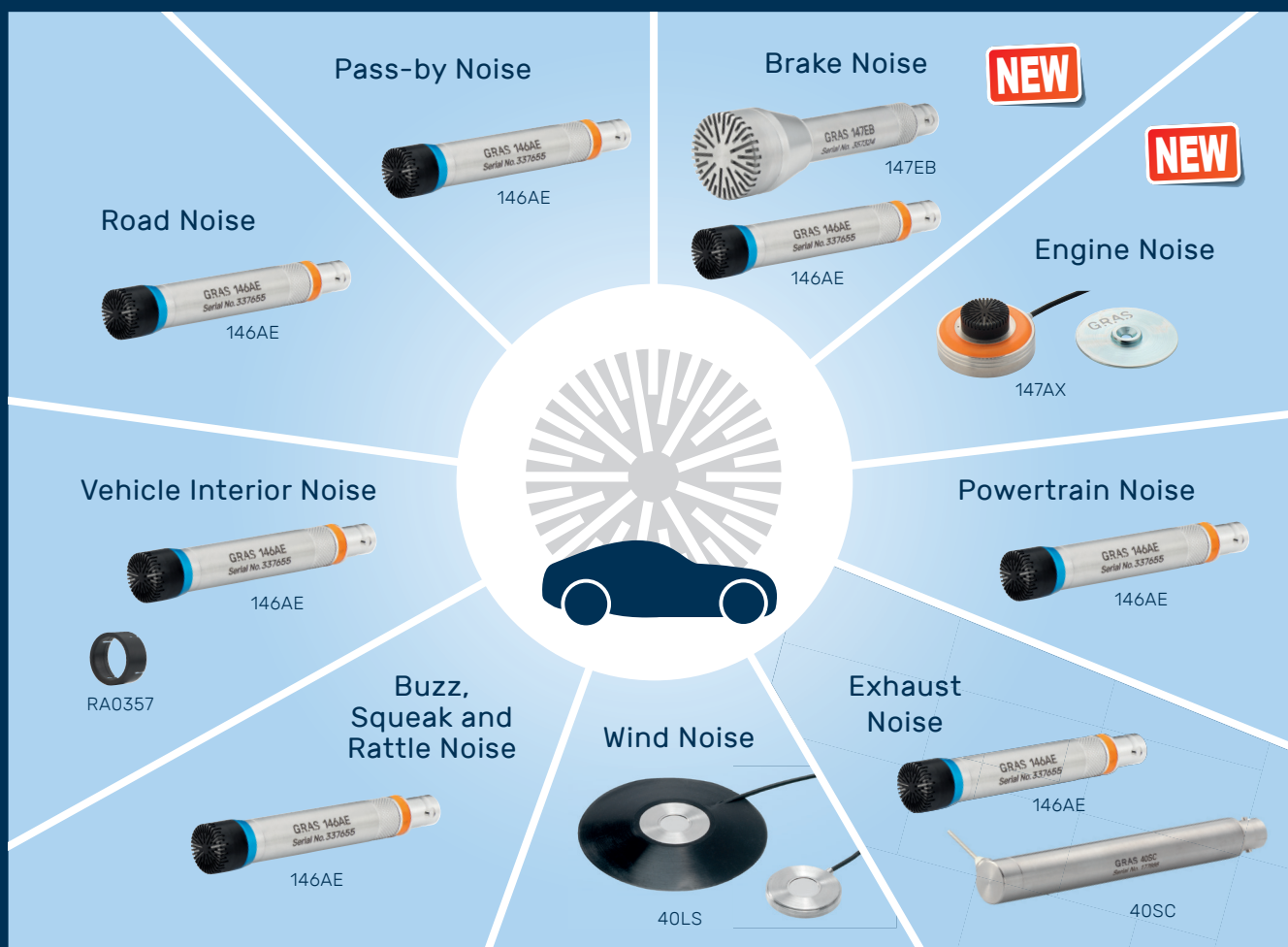


World-leading provider of acoustic sensors

High-performance NVH microphones that cover all your needs!

As the strongest and most comprehensive provider of measurement microphones to the global automotive industry, GRAS is proud to present new solutions for engine and brake noise testing.

A GRAS microphone always ensures efficient and reliable NVH testing.



Editorial

Die DEGA auf dem Weg in die 20er Jahre

Liebe Leserinnen und Leser,

vor einigen Wochen habe ich das Amt des DEGA-Präsidenten von Prof. Dr. Michael Vorländer übernommen. Ich freue mich auf die Aufgabe, in den kommenden drei Jahren zusammen mit dem neu gewählten Vorstand neue Akzente für die DEGA zu setzen. Zunächst gilt aber mein Dank Michael Vorländer und den anderen ausgeschiedenen Vorstandsmitgliedern für ihr tatkräftiges bisheriges Engagement.

Mit ihren mehr als 2.000 persönlichen Mitgliedern kann die DEGA in diesem Jahr auf eine erfolgreiche 30-jährige Entwicklung zurückblicken. Aus diesem Grund war es uns eine besondere Freude, die Verdienste der Gründungsmitglieder durch die Ernennung zu Ehrenmitgliedern auszuzeichnen. Auch ein weiteres Jubiläum steht in Kürze an, nämlich „50 Jahre DAGA-Tagung“ im Rahmen der DAGA 2020 in Hannover.

Zwei weitere besondere Ereignisse liegen kürzlich hinter uns: Die internationale Tagung ICA 2019 / EAA Euroregio in Aachen, und die Verleihung der Helmholtz-Medaille an Sonoko Kuwano. Damit haben wir sichtbare Zeichen für Internationalität und Kooperation gesetzt, die in der heutigen Zeit so wichtig sind. Und schließlich können wir alle an einem umfassenden Rückblick in die Akustik des 20. Jahrhunderts teilhaben, da kürzlich zwei neue Hefte der Schriftenreihe „Geschichte der Akustik“ erschienen sind. Ein herzlicher Dank hierfür geht an Herrn Prof. Dr. Peter Költzsch.

Ebenso wichtig ist aber der Blick in die Zukunft – denn der Übergang in das neue Jahrzehnt steht kurz bevor. Vor allem wird die DEGA ihre Aktivitäten auch weiterhin international einbinden; so werden wir uns am „International Year of Sound 2020“ beteiligen. Auch wird die DAGA-Tagung bald wieder im Ausland stattfinden: So freuen wir uns über die Einladung unserer österreichischen Kollegen zur DAGA 2021 in Wien.

Eine innovative Umstellung im Bereich der Publikationen wird im Januar 2020 erfolgen. Ab dem Zeitpunkt wird die europäische Zeitschrift „Acta Acustica“ komplett im „Open Access“-Format erscheinen. Passwörter und Zugangsdaten gehören dann der Vergangenheit an. Wir wünschen der European Acoustics Association hierbei viel Erfolg und einen reibungslosen Übergang.

Auch das „Akustik Journal“ hat sich nach fast zwei Jahren zu einer attraktiven deutschsprachigen Plattform für Austausch und Vernetzung in unserem Fachgebiet entwickelt. Alle Mitglieder der DEGA möchte ich hiermit persönlich ermutigen, als Autorinnen und Autoren Fachbeiträge für die Zeitschrift einzureichen.



*Jesko L. Verhey
Präsident der DEGA*

Als weitere aktuelle Entwicklungen sind derzeit neue Auszeichnungen in den Bereichen Lärmschutz und Raumakustik in der Diskussion. Und natürlich wird die DEGA ihre bestehenden Aktivitäten engagiert fortsetzen (u. a. Förderung junger Akustikerinnen und Akustiker, Förderung der Normung, Öffentlichkeitsarbeit zum Thema Lärmschutz). Und vor allem lebt die DEGA vom Engagement ihrer Mitglieder in den Fachausschüssen und Fachgruppen.

So wünschen wir uns, dass die DEGA auch in den 20er Jahren einen positiven Beitrag zur Stärkung der Akustik und zum Wohl der Gesellschaft leisten wird.

Ihr
Jesko L. Verhey

Inhalt

Akustik Journal Nr. 03 / Oktober 2019

- **5 Aktuelles**
 - 6 IYS – International Year of Sound 2020
- **7 Fachartikel**
 - 7 **Wann ist ein Ton ein Ton? – Auf der Suche nach aeroakustischen Quellmechanismen**
Maximilian Behn, Friedrich Bake, Ralf Burgmayer, Benjamin Pardowitz, Lars Enghardt
 - 15 **Raumakustik – zur Normbarkeit von Räumen**
Christian Nocke
 - 27 **Verzerrungen: gerade oder ungerade?**
Manfred Zollner
 - 34 **Akustik-Weiterbildung berufsbegleitend und online**
Matthias Brodbeck, Philip Leistner
- **38 Ehrungen der DEGA**
 - 38 **Helmholtz-Medaille für Prof. Sonoko Kuwano**
 - 38 Laudatio für Prof. Sonoko Kuwano
- **40 Veranstaltungen**
 - 40 **Veranstaltungshinweise**
 - 40 ALD-Veranstaltung „Lärmaktionsplanung – 3. Stufe“
 - 40 ALD-Veranstaltung „Innenstadtverdichtung – Bedeutung für Lebensqualität und Gesundheit“
 - 41 Forum Acusticum 2020
 - 41 DEGA-Akademie: Kurs „Bauakustik – von den Grundlagen zur Anwendung“
 - 42 **Vorschau**
 - 42 DAGA 2020
 - 44 **Veranstaltungsrückblick**
 - 44 ICA 2019 / EAA Euroregion
 - 45 **Veranstaltungskalender**
- **46 DEGA**
 - 46 **Nachrichten und Mitteilungen aus der Fachgesellschaft**
 - 46 Vorstand der DEGA neu gewählt
 - 46 Acta Acustica®: Umstellung der Zeitschrift auf „Open Access“
 - 47 Fachausschüsse und Fachgruppen der DEGA stellen sich vor
 - 48 **Fachausschüsse / Fachgruppen**
 - 51 **Mitglieder / Fördermitglieder**
- **52 Normen / Richtlinien**
 - 52 **Neue Regelwerke zu den Themen Akustik und Lärminderung (Juni – Sept. 2019)**
- **54 Publikationen**
 - 54 **Zeitschriften, Tagungsbände, Empfehlungen und Memoranden, Broschüren etc.**
 - 56 **Neuerscheinungen**
 - 57 **Buchrezension**
- **58 Impressum**

Aktuelles

Nachrichten aus der Akustik

■ DAGA 2020 – 46. Deutsche Jahrestagung für Akustik



Die 46. Deutsche Jahrestagung für Akustik wird vom 16. bis 19. März 2020 in Hannover stattfinden.

Alle Informationen zur Tagung (Termin, Teilnehmerregistrierung, Vortrags- und Rahmenprogramm) finden Sie auf den Seiten 42f oder unter

<http://www.daga2020.de/> ■

■ Rückblick auf die ICA 2019



Die internationale Tagung für Akustik („23rd International Congress on Acoustics“ – ICA 2019) fand vom 9. bis zum 13. September 2019 in Aachen statt.

Einen kurzen Rückblick auf die Tagung finden Sie auf Seite 44. ■

■ Zuschüsse für Studierende zur DAGA 2020 (DEGA Student Grants)

Die DEGA vergibt auch im kommenden Jahr wieder „DEGA Student Grants“ zum Besuch der Tagung DAGA 2020 in Hannover, um jungen Akustikerinnen und Akustikern die Teilnahme zu erleichtern. Die Grants umfassen die freie Tagungsteilnahme, einen Reisekostenzuschuss von 250 € und eine einjährige DEGA-Mitgliedschaft. Studierende, die zur DAGA 2020 einen Vortrag oder ein Poster eingereicht haben, können sich bis **Freitag, den 15. November 2019** 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 und die Kurzfassung (Abstract) des o.g. Vortrags bzw. Posters sind dem Antrag beizufügen. Außerdem muss das Manuskript (Final Paper) dem Antrag hinzugefügt werden; dieses sollte dem späteren Beitrag für den DAGA-Tagungsband weitgehend entsprechen (DIN A4, max. 4 Seiten, zweispaltig, Schrift 10pt). Über die Vergabe entscheidet der Vorstand der DEGA.

Es können sich einerseits Studierende bewerben (Bachelor, Master, Diplom, Magister o.ä., Nachweis bitte beifügen, keine Ph.D.) und andererseits Absolventen, bei denen die Abschlussurkunde nicht älter als ein halbes Jahr ist; d.h. nach dem 15.05.2019 ausgestellt wurde (Nachweis bitte beifügen). ■

■ Geschichte der Akustik: Hefte 10 und 11 erschienen



Das zehnte und elfte Heft der DEGA-Schriftenreihe zur Geschichte der Akustik sind ab sofort erhältlich: „Eberhard Zwicker – Psychoakustik in München; Lothar Cremer und Manfred Heckl – Technische Akustik in Berlin“ (Heft 10) und „Erwin Meyer – Akustik in Göttingen; Heinrich Barkhausen und Walter Reichardt – Akustik in Dresden“ (Heft 11).

Detaillierte Informationen zu diesen Heften erhalten Sie auf den Seite 56f.

■ ALD-Veranstaltungen

■ „Lärmaktionsplanung – 3. Stufe“

27. November 2019, Berlin

■ „Innenstadtverdichtung – Bedeutung für Lebensqualität und Gesundheit“

02. Dezember 2019, Hamburg

Ausführliche Informationen zu den kostenfreien Veranstaltungen (Programm, Anmeldung) finden Sie auf Seite 40 oder unter <http://www.ald-laerm.de>. ■

■ DEGA-Akademie

Kurs „Bauakustik – von den Grundlagen zur Anwendung“

27.–29. April 2020

Ausführliche Informationen zum Kurs (Programm, Gebühren, Anmeldung) finden Sie auf Seite 41 oder unter <https://www.dega-akustik.de/>. ■

■ IYS – International Year of Sound 2020



Das Internationale Jahr des Sounds ist eine weltweite Initiative der International Commission for Acoustics – ICA – in Kooperation mit der European Acoustics Association, der Acoustical Society of America, des International Institute of Acoustics and Vibration und des International Institute of Noise Control Engineering. Es geht darum, sich weltweit mit der Bedeutung von akustischen Informationen im Alltag auseinanderzusetzen, den Sound im Alltag zum Gegenstand von aktuellen Erfahrungen zu machen. Aktivitäten in diesem Sound-Kontext sollen auf regionalen, nationalen und internationalen Ebenen koordiniert werden, um zu vermitteln welche Rolle der Sound in der Natur, in jeder gestalteten alltäglichen Umwelt und speziell auch an Arbeitsplätzen spielt. Entsprechend ruft auch die Deutsche Gesellschaft für Akustik dazu auf, sich in 2020 im IYS mit entsprechenden Aktionen zu beteiligen. Der Tag gegen Lärm und die DAGA in Hannover sind schon dabei, aber es gibt sicher noch viel mehr Aktionen!

Die Webseite www.sound2020.org gibt viele Anregungen und vor allem auch die Möglichkeit, geplante Aktionen einzutragen.

Sounds oder auch Geräusche spielen in unserem Leben eine zentrale Rolle, sind essentiell in der Kommunikation. Ebenso bekannt ist, dass Geräusche, die zur Belastung werden, kontrolliert werden müssen, um eine gute Lebensqualität zu gewährleisten. Gerade erst hat die WHO das neue Rahmenkonzept "Gesundheit 2020" verabschiedet, das auf die Stärkung der öffentlichen Gesundheit setzt. Ein guter Grund in den verschiedenen Bereichen der Akustik im International Year auf Sound den Fokus auf den guten Klang zu setzen.

Machen Sie mit, teilen Sie Ihre geplanten Aktionen der DEGA mit, die im International Year of Sound 2020 auf ihrer Webseite eine Plattform für die Informationen bereitstellen wird. ■

Brigitte Schulte-Fortkamp

Martin Klemen

29 March 2019

Declaration of 2020 as International Year of Sound

"The International Commission for Acoustics has announced to its Member Societies and International Affiliates that an International Year of Sound will be held throughout the year 2020. It is hoped that the importance of sound in today's world will reach every part of our planet in 2020".

Auftaktveranstaltung:

Der Auftakt des International Year of Sound findet am 31. Januar 2020 im Le Grand Amphithéâtre, Sorbonne University, Paris statt. Das ausführliche Programm findet man auf der Webseite www.sound2020.org.



Effektiver Lärmschutz für Fitness-Studios

- Reduktion von Lärm und Erschütterungen, sowie des Verletzungsrisikos durch rückfedernde Gewichte
- Geprüfte Standsicherheit
- Werterhalt der Räumlichkeiten, keine Schädigung des Bodens
- Lösungen für bestehende Böden + Neubauten
- Kombinierbar mit allen gängigen Nutzbelägen
- Langlebig und wartungsfrei über Jahrzehnte

www.getzner.com/q-fit

g-fit
by getzner

Wann ist ein Ton ein Ton?

Auf der Suche nach aeroakustischen Quellmechanismen

Maximilian Behn, Friedrich Bake, Ralf Burgmayer, Benjamin Pardowitz, Lars Enghardt

Oft stehen aeroakustische Schallquellen in engem Zusammenhang mit dem Auftreten von Tönen, die durch die Interaktion von Strömung mit Strukturen oder Resonatoren entstehen. Der Schneidenton einer Orgelpfeife wird beispielsweise gezielt angeregt, auch der Nachlauf eines Zylinders (Karman'sche Wirbelstraße) ist als tonale Schallquelle hinlänglich bekannt. Der tonale Interaktionsschall einer Triebwerksfan- oder Ventilatorstufe stellt ein komplexes aeroakustisches Problem dar, für das aktuell vielfältige Lärmreduktionstechnologien entwickelt werden oder bereits in der technischen Umsetzung sind. In der Modellvorstellung wird von periodischer Wirbelablösung oder von periodischer Interaktion der Rotornachläufe mit den Statorschaufeln ausgegangen. In vielen technisch relevanten Strömungen treten zusätzlich dazu nicht zu vernachlässigende turbulente Strömungsfuktuationen auf, die keinerlei Periodizität aufweisen. Bei ausreichender räumlicher Ausdehnung dieser Strukturen, z. B. in der Zuströmung, werden zusätzliche Schallquellen hervorgerufen, die zu einer verstärkten Schallabstrahlung führen. An ausgewählten Beispielen einer Fanstufe und eines Schneidentons werden mit Hilfe spezieller Analysetechniken vermeintliche und reine Töne im Hinblick auf die ihnen zu Grunde liegenden aeroakustischen Quellmechanismen einander gegenüber gestellt.

Einleitung

In der Strömungsakustik werden häufig Schallentstehungsmechanismen untersucht, die sich durch eine ausgeprägte wahrgenommene Tonhaltigkeit auszeichnen. Die Modellierung solcher Quellen basiert i. d. R. auf der Wechselwirkung einer Strömung mit einer Struktur. Beispiele sind die Interaktion eines Luftstrahls mit der Schneide einer Orgelpfeife, die periodische Wirbelablösung im Nachlauf eines Zylinders (Karman'sche Wirbelstraße) oder die Interaktion von Rotornachläufen mit den Statorschaufeln einer Triebwerksfan- oder Ventilatorstufe, wie in Abbildung 1 illustriert. Aufgrund der strengen Periodizität in den physikalisch zugrunde liegenden Strömungsvorgängen dieser Beispiele werden dis-

When is a tone a tone? – The search for aeroacoustic source mechanisms

Aeroacoustic sources are often linked to the occurrence of tones, which are generated by the interaction of a flow with rigid structures or resonators. For instance, the edge tone of an organ pipe is deliberately excited; also the wake of a cylinder (Kármán Vortex Street) is a well-known tonal sound source. The tonal interaction noise of aeroengine fan stages and ventilators constitutes a complex aeroacoustic problem, which has been and still is subject to the development of many noise reduction technologies. Physical modelling often assumes (exactly) periodical flow structures such as vortex shedding or the interaction of identical rotor wakes with the stator vanes. However, many flow situations relevant in practice feature turbulent flow fluctuations, which are not negligible and furthermore do not exhibit any periodicity. If these flow structures have a sufficiently large spatial extent (e. g. in the inlet flow) additional sources are generated increasing the sound radiation. A detailed spectral analysis shows that the sound pressure components generated by turbulence spread over a narrow frequency band, whereas the interaction tone in case of low inflow turbulence comprises only a single frequency component. Using spectral analysis techniques apparent and pure tones are compared with regard to the underlying aeroacoustic source mechanisms for the examples of a fan stage and the edge tone.

crete Töne angeregt, die eine definierte Frequenz und Phasenbeziehung zur Quelle aufweisen. Viele in technisch relevanten Strömungen auftretende turbulente Strömungsfuktuationen erzeugen hingegen bei Interaktion mit einer Struktur Schallfelder mit Rauschcharakter, die durch ein breitbandiges Frequenzspektrum gekennzeichnet sind.

In der wissenschaftlichen Gemeinschaft wird auf Grundlage von gängigen Modellvorstellungen der Gebrauch der Begriffe „Ton“ und „Rauschen“ nicht einheitlich gehandhabt. In diesem Artikel soll anhand von Beispielen gezeigt werden, dass die Anwendung einer strikten Definition für tonale und breitbandige Schallfeldkomponenten bei der Untersuchung von strömungsakustischen Phänomenen

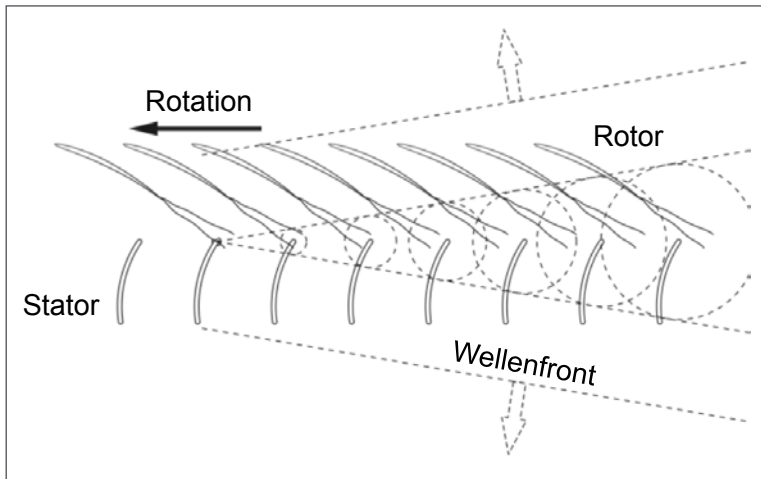


Abb. 1: Interaktion der Rotornachläufe mit den Statorschaufeln und die daraus resultierenden, abgestrahlten Wellenfronten

zur Entwicklung eines tieferen Verständnisses der Schallentstehungsmechanismen hilfreich ist. Nach einer kurzen Definition der Begriffe „Ton“ und „Rauschen“ werden gemessene Schalldrucksignale, die vermeintliche Töne aufweisen, hinsichtlich ihrer spektralen Charakteristiken untersucht. Auf Basis der hier vorgestellten, einfachen Klassifizierung lassen sich die Einflüsse der zugrunde liegenden aeroakustischen Quellmechanismen bewerten.

Begriffsdefinitionen

Als reine Töne werden Schalldrucksignale verstanden, die aus einer einzigen Frequenzkomponente bestehen. Sie werden häufig auch als Sinustöne bezeichnet [1]. Im Kontext der (Fourier)-Frequenzanalyse weisen reine Töne eine unendlich schmale Frequenzbandbreite auf. Bei der Auswertung gemessener Mikrofonsignale, die meist in diskreter, digitaler Form vorliegen, ist der berechnete Schalldruckpegel eines reinen Tons unabhängig von der verwendeten Fensterlänge, wenn die Frequenz des Tons mit einer Ana-

lysefrequenz der diskreten Fouriertransformation übereinstimmt. Den reinen Tönen kann jeweils eine feste Amplitude und Phase zugeordnet werden.

Rauschhafte Schalldrucksignale haben sogenannte breitbandige Frequenzspektren. Insbesondere in der akustischen Messtechnik kommen unterschiedlich „farbige“ Rauschsignale zum Einsatz, wie z. B. weißes oder rosa Rauschen, deren Spektren sich unterschiedlich weit über den hörbaren Frequenzbereich erstrecken. In den hier untersuchten aeroakustischen Phänomenen wird sogenanntes Schmalbandrauschen angeregt, dessen Frequenzbandbreite nur wenige Hertz beträgt. Im Gegensatz zu reinen Tönen sind die berechneten Schalldruckpegel stark von der verwendeten Fensterlänge und der daraus resultierenden Frequenzauflösung abhängig. Zur besseren Vergleichbarkeit lässt sich die Amplitudendichte des Schalldruckspektrums berechnen, indem man das berechnete Leistungsspektrum durch die Frequenzauflösung dividiert.

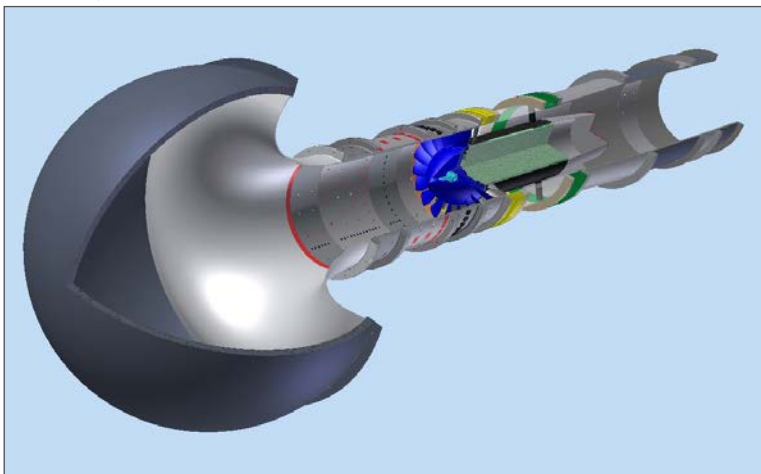
Schallanregung durch Rotor-Stator-Interaktion

In modernen Flugzeugtriebwerken wird zur Erzeugung des Hauptluftstroms, der maßgeblich zum Gesamtschub des Triebwerks beiträgt, eine Fanstufe eingesetzt, die aus einer rotierenden und einer stromab befindlichen statischen Schaufelreihe besteht. Dabei verrichtet der Rotor Arbeit am Fluid, indem das Fluid beschleunigt wird. Hierbei wird das Fluid zu einem gewissen Teil in Rotation versetzt, die wiederum durch den Stator in eine axiale Strömung zurückgewandelt wird. Der Hauptschallentstehungsmechanismus von Fanstufen ist die Interaktion der Rotornachläufe mit den Statorschaufeln. In Abbildung 1 ist der Schallentstehungsmechanismus für eine Fanstufe mit einer höheren Anzahl Rotorschaufeln als Statorschaufeln illustriert.

Die dabei angeregten Frequenzen werden als Blattfolgefrequenzen bezeichnet, da sie sich als Produkt aus der Schaufelanzahl und der Drehfrequenz sowie deren Harmonische berechnen lassen.

Durch eine gestörte Zuströmung wird zusätzliche Schallanregung am Rotor hervorgerufen, die durch auftretende räumliche Variationen des Strömungsfeldes sowie erhöhte turbulente Störungen entstehen. Dies kann insbesondere in Laborversuchsständen mit Zulaufstörungen auftreten, so dass nicht selten am Fanmodell höhere Pegel bei der Blattfolgefrequenz gemessen werden, als sie im Flug tatsächlich auftreten würden. Ein sogenannter ICD (engl. Inflow Control Device) vor dem Einlauf, wie in Abbildung 2 beispielhaft dargestellt, führt zu einem Ausgleich der Strömung sowie zu einer Verkleinerung der turbulenten Längenskalen der Zulaufturbulenz.

Abb. 2: Laborversuchsstand mit installiertem Inflow Control Device (ICD) im Einlauf



Der Einfluss gestörter Zuströmung ist auch ein wichtiger Untersuchungsaspekt für zukünftige Flugzeugkonfigurationen, bei denen geplant ist, die Triebwerke direkt am Flugzeugrumpf anzubringen und die Grenzschicht des Rumpfes einzusaugen. Die resultierende Strömung im Triebwerkeinlauf ist stark unregelmäßig und es treten turbulente Strukturen mit unterschiedlichen Längenskalen auf.

Schallanregung durch Strahl-Kanten-Interaktion

Ein strömungsgetriebener Aktuator, wie in Abbildung 3 dargestellt, erzeugt einen Ton nach dem Prinzip eines Strahl-Kanten-Systems [2]. Die gezielte Anwendung der Schallerzeugung mit eingeblasener Luft ist beispielsweise im Bereich der Blasinstrumente sehr verbreitet, speziell bei Orgelpfeifen und Flöten. Ein solcher Aktuator kann aber auch für sogenannte Zero-Massflow-Liner in Triebwerken zum Einsatz gebracht werden, wo er zur Anregung der Kavität hinter einer Linerplatte dient [3]. Die akustische Anregung resultiert dann in einem verbesserten Dissipationsverhalten [4].

In einem Strahl-Kanten-System werden durch das wechselseitige Anströmen der scharfen Kante Druckschwankungen erzeugt, die als Töne wahrgenommen werden. Die Frequenz des Schneidentons ist vom Schneidenabstand a und der Strahlgeschwindigkeit

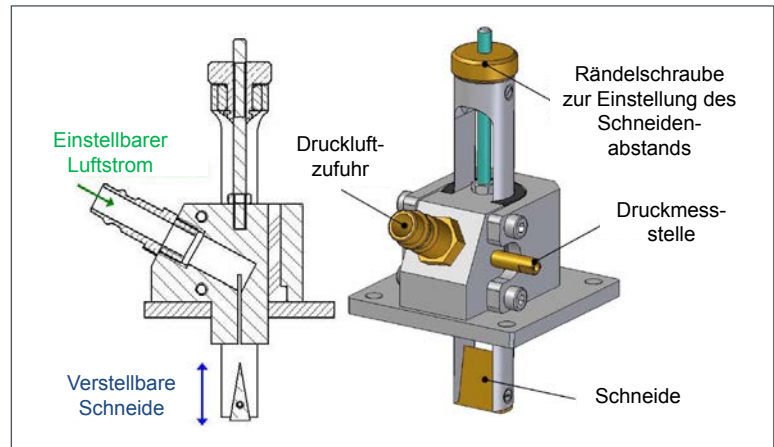


Abb. 3: Aufbau aeroakustischer Aktuator

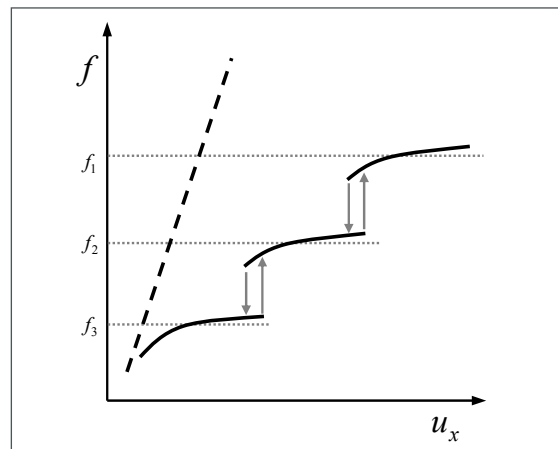
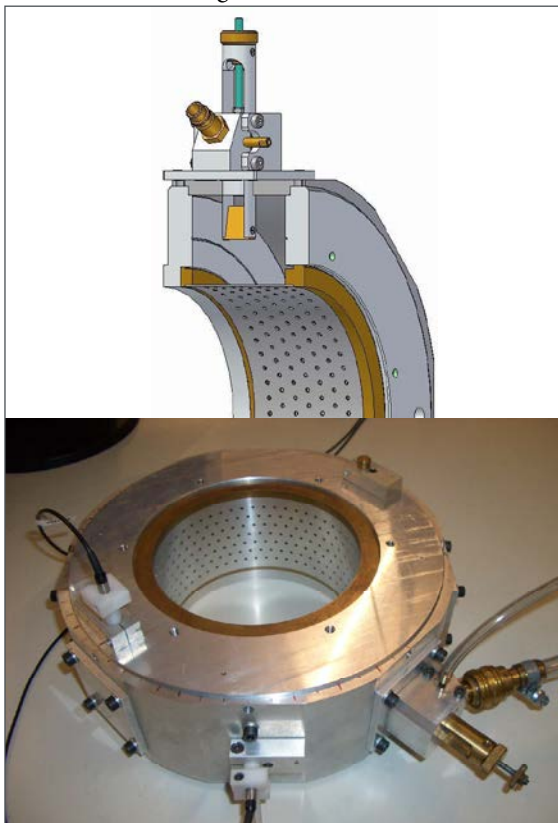


Abb. 4: Frequenzverhalten des Strahl-Kanten-Systems (gestrichelt: ungekoppelt; durchgezogen: an ein Resonatorsystem gekoppelt)

Abb. 5: Skizze (oben) und Foto (unten) des im annularen Linervolumen eingesetzten Aktuators



digkeit u_x abhängig. Im Folgenden wird lediglich die Variation des Schneidentons mit der Strahlgeschwindigkeit betrachtet.

Abbildung 4 zeigt das Frequenzverhalten eines Strahl-Kanten-Systems gekoppelt an einen Resonator am Beispiel einer Orgelpfeife. Die gestrichelte Linie zeigt das Frequenzverhalten des ungekoppelten Systems. Die Bereiche gleichbleibender Frequenzen liegen bei den Eigenfrequenzen des Resonanzvolumens. Ab einer gewissen Frequenz setzt der Grundton des Resonators ein. Die Frequenz des Tons erhöht sich leicht mit der Strahlgeschwindigkeit bis zu einem Frequenzsprung in die nächstgelegene Eigenresonanz. Das Resonanzvolumen bestimmt also hier das Verhalten des Gesamtsystems.

Für die in diesem Artikel dargestellten Ergebnisse wurde der in Abbildung 5 dargestellte Strahl-Kanten-Aktuator mit einem festeingestellten Schneidenabstand a von 12,6 mm in ein annulares Ringvolumen (Linerkavität) eingesetzt und mit verschiedenen Strahlgeschwindigkeiten bzw. Einblasmassenströmen m betrieben. Mit Hilfe von im Resonanzvolumen wandbündig eingebauten Mikrofonen wurde

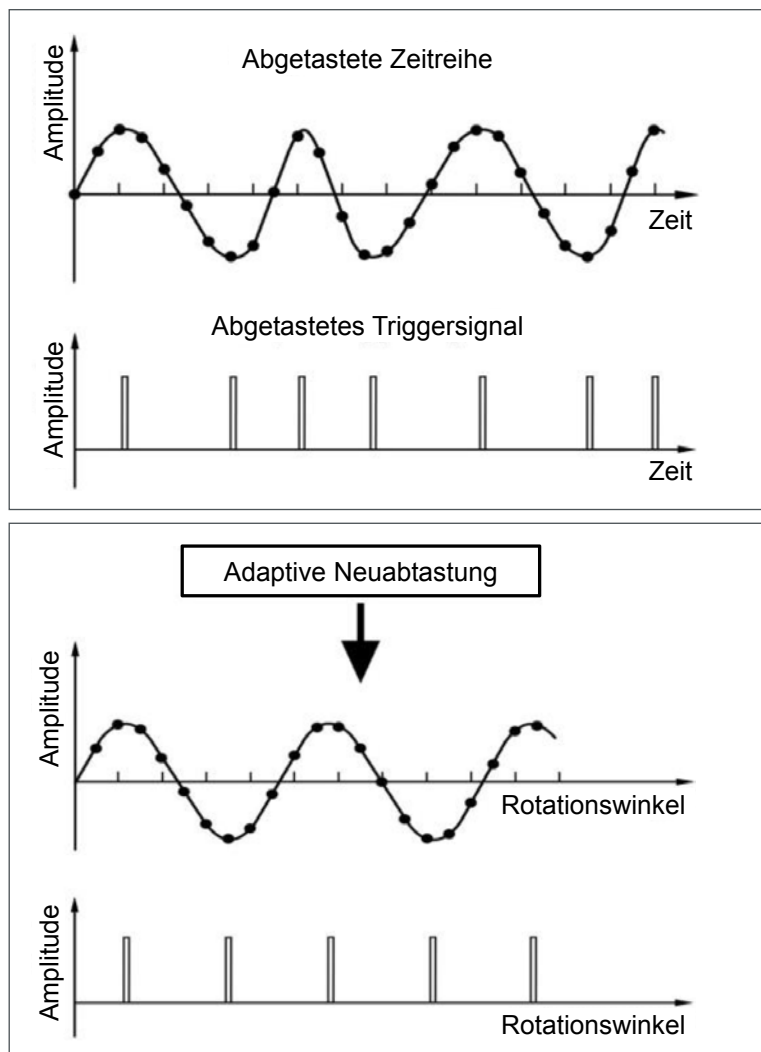
das akustische Antwortverhalten aufgezeichnet und analysiert.

Identifikationsmethode für tonale Schallereignisse

Zur Untersuchung, ob es sich bei einem beobachteten tonalen Schallereignis wirklich um einen Ton im Sinne der in der Einleitung genannten Definition handelt, eignet sich eine detaillierte spektrale Analyse bei Variation der Frequenzauflösung. Üblicherweise werden aufgezeichnete Mikrofonssignale in zeitliche Fenster unterteilt und die daraus mit Hilfe der Fouriertransformation berechneten Kurzzeitspektren gemittelt. Die resultierende Frequenzauflösung ergibt sich aus der Abtastrate und der verwendeten Fensterlänge. Werden die Fensterlängen sukzessive vergrößert, so verbessert sich die Frequenzauflösung. Für die nachfolgenden Analyseergebnisse werden drei verschiedene Fensterlängen

Abb. 6 (oben): Ursprüngliches Mikrofonssignal bei Schwankungen der Rotordrehzahl (aus [3] mit Genehmigung)

Abb. 7 (unten): Rotorsynchrones Mikrofonssignal nach adaptiver Neuabtastung (aus [3] mit Genehmigung)



verwendet, sodass sich eine grobe, mittlere und sehr feine Frequenzauflösung ergibt. Für die feinste Frequenzauflösung wird das vollständige Mikrofonssignal mit der Fouriertransformation ausgewertet.

Das beschriebene Verfahren benötigt Signale mit einer festen Phasenreferenz. Diese ist im Fall der eingeschwingenen Strahl-Kanten-Interaktion mit konstant gehaltenem Anregungsmassenstrom gegeben. Bei der Rotor-Stator-Interaktion muss vor Anwendung der spektralen Auswertung der Einfluss von Rotordrehzahlschwankungen korrigiert werden, um Phasenfluktuationen zu vermeiden.

Mittels des Rotortrigger Signals wird die relative Rotorposition zu einem festen Gehäusepunkt aufgezeichnet. Schwankungen der Rotordrehzahl verkleinern oder vergrößern die zeitlichen Abstände zwischen zwei aufeinanderfolgenden Triggerimpulsen, vgl. Abbildung 6. Damit einhergehend wird die momentane Frequenz der Rotor-Stator-Interaktionstöne (RSI) ebenfalls erniedrigt oder erhöht.

Die adaptive Neuabtastung [5] interpoliert das Zeitsignal auf eine feste Sampleanzahl pro Rotorumdrehung, wodurch die Frequenzschwankungen der Rotor-Stator-Interaktionstöne ausgeglichen werden und eine feste Phasenreferenz geschaffen wird, vgl. Abbildung 7. Nach Anwendung der Fouriertransformation erhält man das sogenannte Ordnungsspektrum.

Anwendungsfall Rotor-Stator-Interaktion

Der Vergleich von Frequenzspektren des ursprünglichen Mikrofonssignals ohne feste Phasenreferenz und des rotorsynchronen, neuabgetasteten Mikrofonssignals ist in Abbildung 8 für den Fall mit ICD dargestellt. Die Frequenzauflösung ist relativ zur Rotordrehfrequenz als ΔEO (engl. engine order bzw. Wellenordnung) angegeben. Es zeigt sich, dass die Pegel bei den Harmonischen der Blattfolgefrequenz durch die adaptive Neuabtastung bei sauberer Zuströmung ansteigen.

Wenn der Versuchsstand ohne ICD betrieben wird, die Zuströmung also gestört ist, lässt sich ein anderes Verhalten bei Durchführung der adaptiven Neuabtastung der Mikrofonssignale beobachten. Die Pegel insbesondere bei der Blattfolgefrequenz bleiben nahezu konstant (siehe Abbildung 9). Dies deutet darauf hin, dass die Schallfeldkomponenten bei der Blattfolgefrequenz nicht mit den Rotordrehzahlschwankungen korreliert sind, wie es hingegen bei ungestörter Zuströmung der Fall ist.

Ein genauer Blick auf die Blattfolgefrequenz zeigt den spektralen Charakter des erzeugten Schallfeldes, wie in Abbildung 10 dargestellt. Es ist vielfach verbreitet, von einer Erhöhung der Fantöne durch eine gestörte Zuströmung zu sprechen. Die detaillierte Analyse mit höherer Frequenzauflösung zeigt

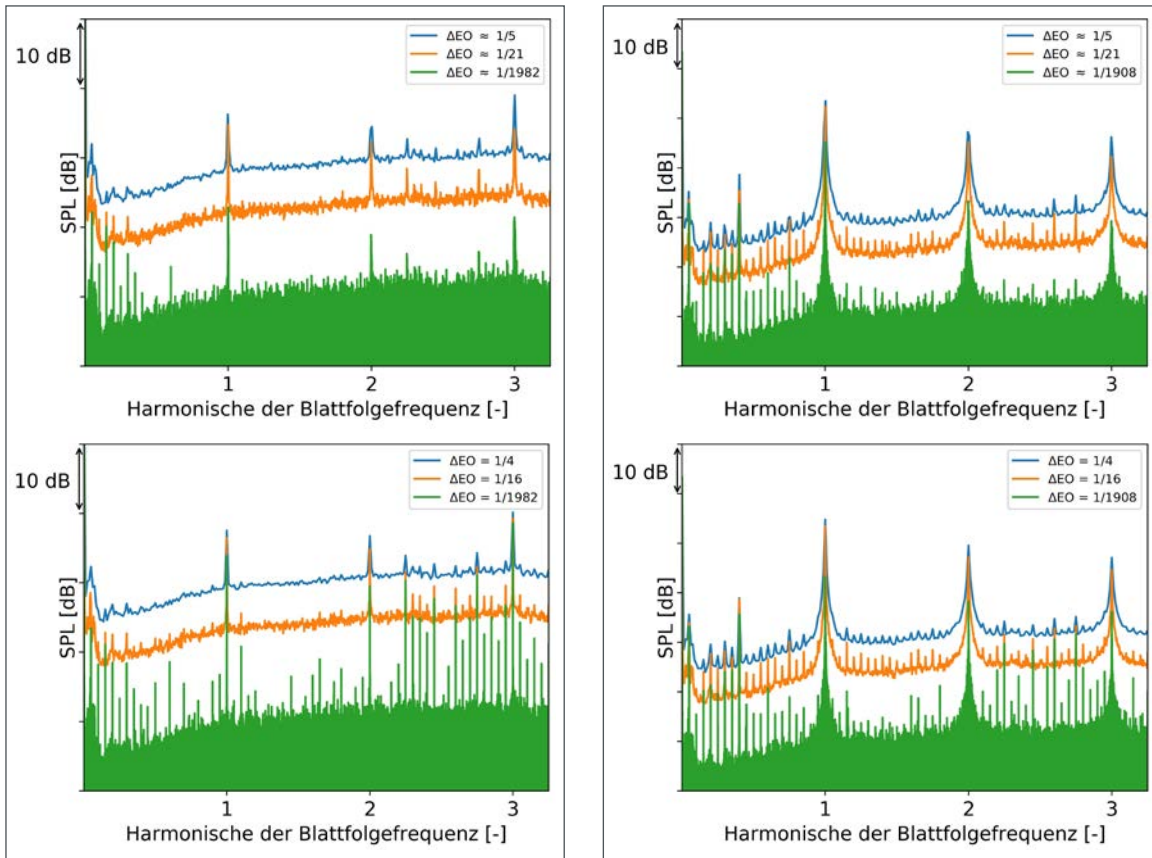
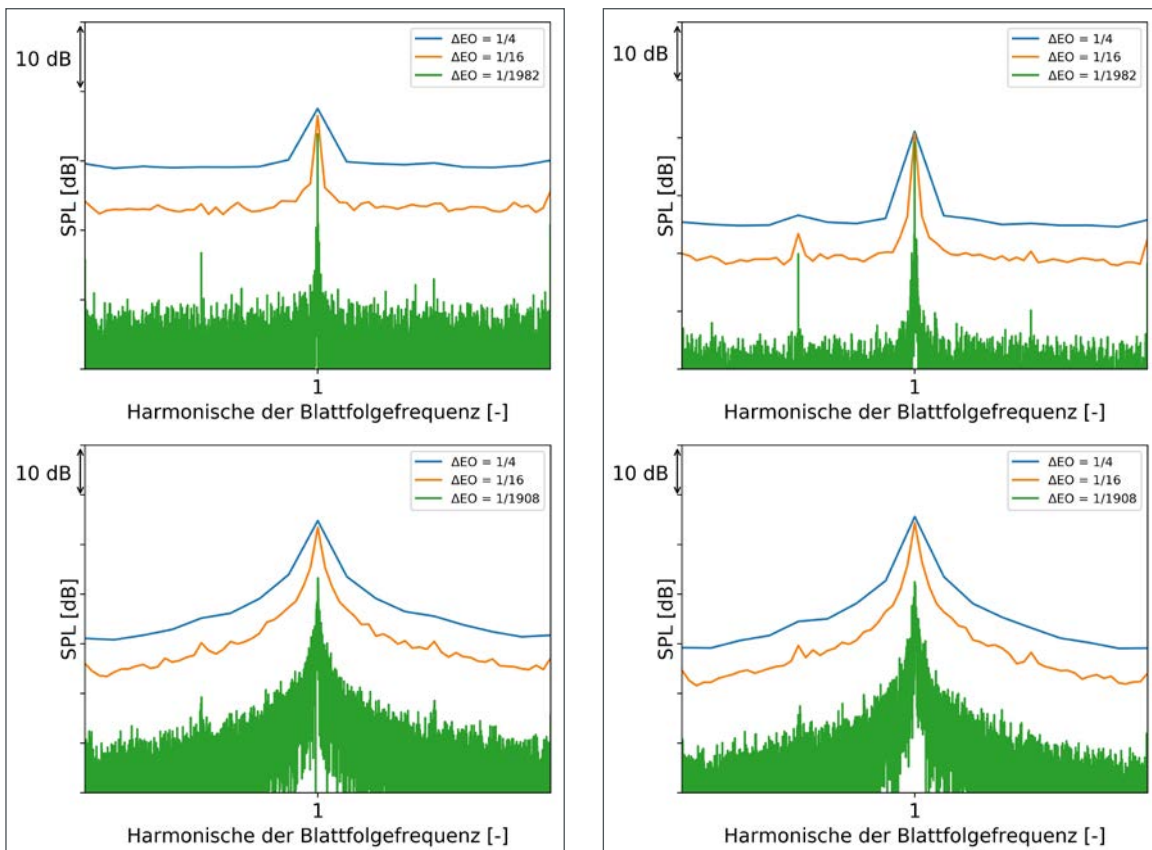


Abb. 8 (links) und Abb. 9 (rechts): Vergleich der Frequenzspektren des ursprünglichen Mikrofonsignals (oben) und des rotorsynchronen Signals (unten, nach adaptiver Neuabtastung) im Einlauf mit ICD (links) und ohne ICD (rechts)

Abb. 10 (links) und Abb. 11 (rechts): Vergleich der Frequenzspektren bei der Blattfolgefrequenz im Einlauf mit ICD (links oben) und ohne ICD (links unten) und im Fernfeld mit ICD (rechts oben) und ohne ICD (rechts unten).



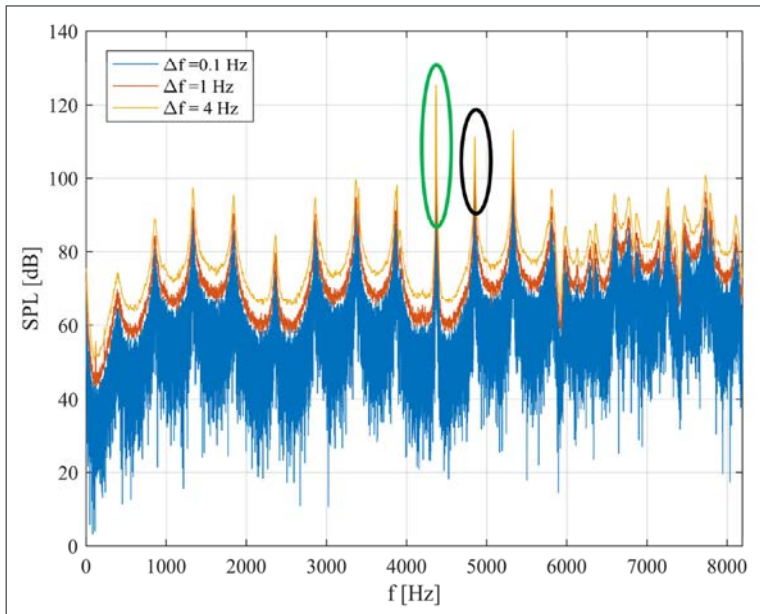


Abb. 12: Gesamtspektrum bei $a = 12,6 \text{ mm}$ und $m = 5,2 \text{ kg/h}$

jedoch, dass sich das Schallfeld bei der Blattfolgefrequenz verändert hat. Der im Fall mit ICD stark ausgeprägte Ton erfährt ohne ICD eine bedeutende spektrale Verbreiterung, was dafür spricht, dass rauschhafte Schallfeldkomponenten stärker angeregt werden. Daraus lässt sich als Wirkmechanismus die

Interaktion der Rotorscheaufeln mit der großskaligen und zudem amplitudenverstärkten Zuströmturbulenz ableiten.

Nun werden im Fernfeld gemessene Mikrofonssignale betrachtet, um zu klären, ob es sich möglicherweise bei dem Anstieg der rauschhaften Komponenten im Signalspektrum um Strömungsrauschen aufgrund von der turbulenten Druckschwankungen handelt. Diese werden durch die schnelle mittlere Strömung über die wandbündig installierten Mikrofonmembranen konvektiert.

In Abbildung 11 zeigt sich, dass im Fernfeld die gleiche spektrale Charakteristik wie im Strömungskanal vorliegt. Das ist ein deutlicher Hinweis dafür, dass das erhöhte Rauschen tatsächlich Teil des angeregten und ins Fernfeld abgestrahlten Schallfeldes ist.

Anwendungsfall Strahl-Kanten-Interaktion

Abbildung 12 zeigt das Frequenzspektrum von einem der im Resonanzvolumen des Liners eingebauten Mikrofone für drei verschiedene Frequenzauflösungen bei einem Einblasmassenstrom m von $5,2 \text{ kg/h}$. Es werden offensichtlich verschiedene Resonanzfrequenzen gleichzeitig angeregt, wovon eine besonders dominant auftritt (grüne Markierung). Bei anderen

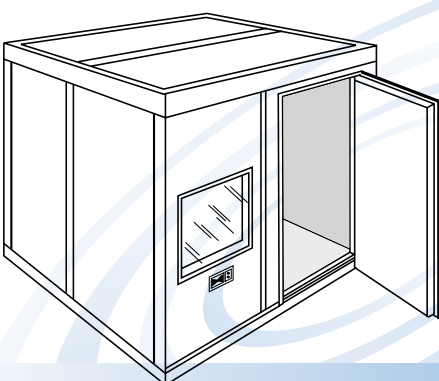
IAC Acoustics für Medizin und Forschung

Ein- und doppelwandige Akustikkabinen

IAC ist weltweit führender Hersteller und Lieferant von Akustik-Räumen, Kabinen und echofreien Kammern für die Hörforschung und -entwicklung sowie einer Vielzahl von Akustikprodukten mit nachgewiesener Wirksamkeit.

Akustiklösungen von IAC Acoustics

Langjährige Expertise, der Sie vertrauen können.



deutschland@iac-gmbh.de
www.iac-gmbh.de

Resonanzfrequenzen (z. B. schwarze Markierung) liegt der angeregte Schalldruckpegel (SPL) um mindestens 10 dB niedriger. In diesem Gesamtspektrum scheinen sich sowohl die dominierende Frequenz als auch die weiteren Resonanzfrequenzen auf den ersten Blick als diskrete Töne darzustellen.

Betrachtet man jedoch die einzelnen Peakfrequenzen durch einen Zoom in das Spektrum jeweils im Detail, dann zeigt sich, dass nur die dominante Frequenz (Abb. 13 oben) auch in der hohen Frequenzauflösung von 0,1 Hz (blau) noch klar als Ton erkennbar ist. Der Schalldruckpegel bei dieser Frequenz ist nahezu unabhängig von der spektralen Frequenzauflösung. Selbst bei der feinsten Frequenzauflösung liegen die Pegel der benachbarten Frequenzstützstellen weit unter dem des Tonpeaks. Im Gegensatz dazu zeigt der vergrößerte Bereich um eine „Neben-Peakfrequenz“ (Abb. 13 unten), dass bei sukzessiver Verfeinerung der Frequenzauflösung sowohl der maximale Schalldruckpegel sinkt, als auch die Pegelwerte der benachbarten Frequenzstützstellen im Vergleich zum Peakpegel relativ hoch liegen. Diese „Neben-Peakfrequenz“ wird also eher durch ein Schmalbandrauschen als durch einen diskreten Ton charakterisiert.

Erklären lässt sich dieses Verhalten dadurch, dass bei der dominanten Frequenz eine ideale Kopplung zwischen dem schallerzeugenden Strahl-Kanten-System und einer der Hohlraumresonanzfrequenzen des Ringvolumens besteht. Damit kommt es zu einer diskreten tonalen Schallanregung. Die turbulente Schlitz-Kantenströmung bei Reynoldszahlen im Bereich von 15.000 verursacht allerdings auch eine „verrauschte“ Anregung von weiteren Hohlraumresonanzen. Bei diesen Frequenzen gibt es aber keine saubere Kopplung zwischen dem Strahl-Kanten-System und den Hohlraumresonanzen. Daher erscheinen diese Frequenzen im Spektrum eher als Schmalbandrauschen und entsprechen somit mehr der Systemantwort des Hohlraums bei breitbandiger Anregung, die erhöhte Pegel bei den Resonanzfrequenzen des Hohlraums aufweist.

Verändert man den Betriebspunkt geringfügig, indem der Einblasmassenstrom am Aktuator leicht erhöht wird, dann ändert sich die Frequenzantwort sprunghaft. Abbildung 14 zeigt, dass dann die dominante Frequenz bei einer höheren Resonanzfrequenz liegt. Die zuvor dominante Komponente wird nun durch eine „Neben-Peakfrequenz“ repräsentiert. Hier liegt die Vermutung nahe, dass die Erhöhung des Massenstroms und damit der Strahlggeschwindigkeit einen Sprung im Frequenzverhalten des, an das Resonatorsystem gekoppelten, Strahl-Kanten-Systems, wie in Abbildung 3 (durchgezogene Linien) gezeigt, verursacht.

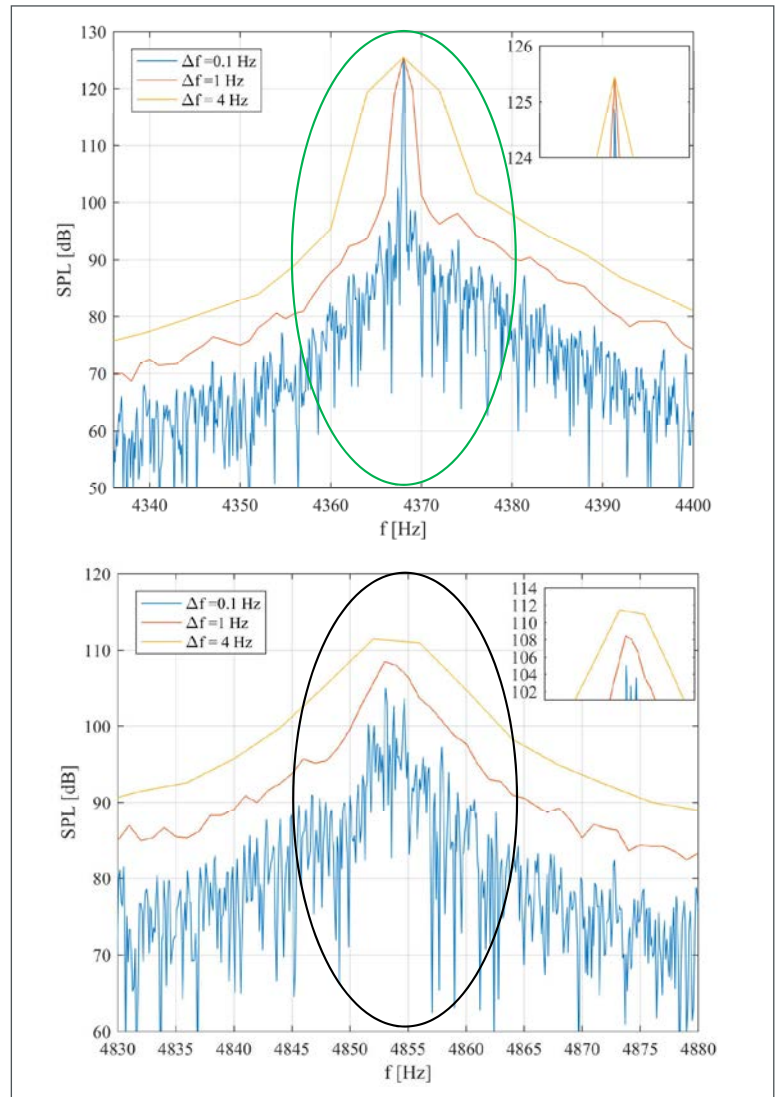
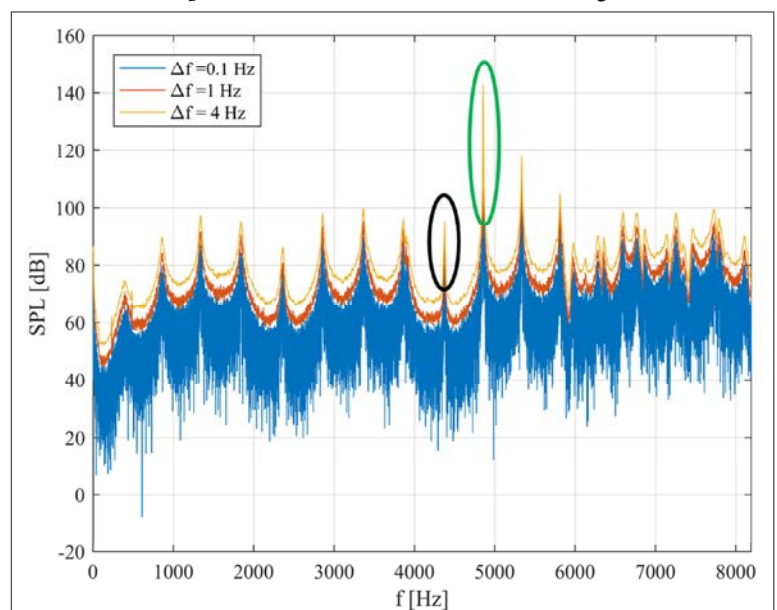


Abb. 13: „Dominante“ Frequenz bei $a = 12,6$ mm und $m = 5,2$ kg/h, reiner Ton (oben). Nächsthöhere Resonanzfrequenz nur Schmalbandrauschen (unten).

Abb. 14: Gesamtspektrum bei $a = 12,6$ mm und $m = 5,6$ kg/h



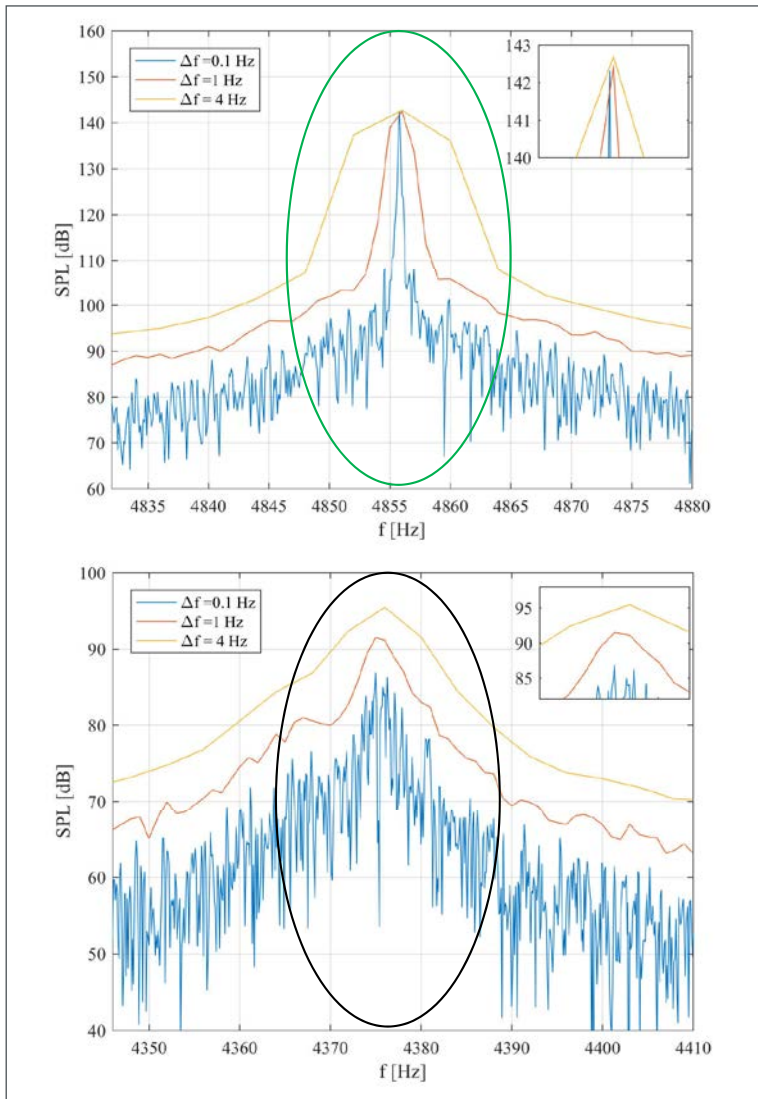


Abb. 15: „Dominante“ Frequenz bei $a = 12,6 \text{ mm}$ und $m = 5,6 \text{ kg/h}$, reiner Ton (oben). Nächstniedrigere Resonanzfrequenz nur Schmalbandrauschen (unten).

Die genauere Betrachtung beider Frequenzen in Abb. 15 bestätigt diese Vermutung. Bei der dominanten Frequenz (Abb. 15 oben) liegt eine eindeutig tonale Schallanregung vor. Die „Neben-Peakfrequenz“ (Abb. 15 unten) weist hingegen nun eher ein Schmalbandrauschverhalten auf.

Fazit

In vielen strömungsakustischen Schallentstehungsvorgängen treten schmalbandige Peaks auf, die das menschliche Ohr pauschal als Töne erfasst. Selbst die hochgenaue Fourieranalyse der Zeitsignale eines Mikrofons erweist sich oft als trügerisch und kann nicht exakt unterscheiden, ob es sich bei wahrgenommenen Schallsignalen um reine Töne oder Breitbandsignalanteile in einem schmalen Frequenzband handelt, was für den reinen Höreindruck oft nebensächlich ist, sehr wohl aber dabei helfen kann, verschiedenen Schallentstehungsmechanismen auf die Spur zu kommen.

In dem vorliegenden Artikel wurden zwei typische strömungsmechanische Schallentstehungsmechanismen vorgestellt, deren Schallentstehung bzw. -abstrahlung mit Hilfe von Laboraufbauten sorgfältig vermessen wurde. Beide Anwendungsbeispiele wiesen entweder zwei unterschiedliche Betriebsbedingungen oder eine Parametervariation auf. Die vorgeschlagene, recht einfach anzuwendende Methode zur Tonidentifikation erlaubte es in beiden Fällen, die nicht offensichtliche Veränderung der tonalen Schallentstehung durch die Parametervariation auf unterschiedliche Entstehungsmechanismen bzw. Veränderungen der Kombination von Schallanregung und angekoppeltem Resonanzkörper zurückzuführen. Der Artikel soll zum einen demonstrieren, dass die Identifikation von Tönen und deren Zuweisung zu Schallentstehungsmechanismen oftmals erst auf den zweiten Blick mit Hilfe sorgfältiger Analysetechnik gelingt. Zum anderen soll er Kolleginnen und Kollegen dazu anregen, eigene Tonaufzeichnungen mit dem vorgestellten Verfahren zu untersuchen, um die Tonreinheit von strömungsakustischen Anregungsmechanismen zu überprüfen.

Literatur

- [1] Möser, M.: Technische Akustik. Berlin, Springer Verlag 2015.
- [2] Pardowitz, B.: Entwicklung und Erprobung eines aeroakustischen Aktuators zur Schallerzeugung. Diplomarbeit, Technische Universität Berlin, 2009.
- [3] Heuwinkel, C.; Busse, S.; Enghardt, L.; Röhle, I.: Vorrichtung und Verfahren zur Verbesserung der Dämpfung von akustischen Wellen. Patent, ausgestellt am 30. Mai 2012, Patentkennung: EU EP 2167796 B1.
- [4] Lahiri, C.; Pardowitz, B.; Bake, B.; Röhle, I.; Enghardt, L.: Excitation of a Zero Mass Flow Liner for Acoustic Damping. AIAA Journal 49, Nr. 3, S. 513–519, 2011.
- [5] Tapken, U.: Analyse und Synthese akustischer Interaktionsmoden von Turbomaschinen. Dissertation, Technische Universität Berlin, 2016. ■

Maximilian Behn,
Dr. Friedrich Bake,
Ralf Burgmayer,
Dr. Benjamin Pardowitz,
Prof. Dr. Lars Enghardt
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Antriebstechnik, Triebwerksakustik, Berlin

Raumakustik – zur Normbarkeit von Räumen

Eine Übersicht zur Hörsamkeit von Räumen

Christian Nocke

Während der Raumakustik von Aufführungsstätten für Musik nach wie vor viel Beachtung schon im Rahmen der Planung geschenkt wird, kommt es bei Räumen des täglichen Lebens nach wie vor zu ungeplanten und letztlich wenig zielführenden Situationen. Büroräume, Räume in Bildungsstätten, aber auch öffentliche Räume oder Sportstätten erfordern ebenfalls raumakustische Maßnahmen. Auch die Raumakustik in solchen Räumen ist planbar. Vorgaben wie Anforderungen und Empfehlungen aus Normen, Richtlinien und weiteren Regelwerken bieten hierzu die Grundlage der Planung. Zunächst werden die rechtlichen und normativen Grundlagen in diesem Beitrag vorgestellt. Hierbei sind neben baurechtlichen Vorgaben auch Anforderungen des Arbeitsschutzes zu beachten. Zur Überprüfung ausgeführter Räume nach entsprechenden Vorgaben stehen ebenfalls normierte Messverfahren zur Verfügung, die nachfolgend kurz beschrieben werden. Abschließend wird auf Berechnungen in der Raumakustik zur Planung eingegangen. Die zur Planung benötigten Absorptionswerte sind auf Grundlage von normierten Labor-Messverfahren zu ermitteln. Der Beitrag stellt den Versuch einer Übersicht dar.

Einleitung

Hin und wieder stellt sich die Frage, ob Raumakustik einer Normung zugänglich ist. Es ist gar zu lesen, dass neue Normen der Raumakustik angeblich kaum noch zu verstehen seien oder auch bei Missachtung von einschlägigen Normen, Richtlinien und Regeln trotzdem große Zufriedenheit der Menschen in den betreffenden Räumen herrsche. Dazu ist zunächst zu klären, was Normung eigentlich bedeutet.

Normung stellt im Idealfall (nach DIN 820-3 [1]) eine durch die interessierten Kreise im Konsens durchgeführte Vereinheitlichung von materiellen und immateriellen Gegenständen zum Nutzen der Allgemeinheit dar. Ein sehr allgemeiner und sicherlich auch idealisierender Ansatz, der nicht unbedingt bei allen Normungsvorhaben auch im Bereich der Akustik und des Schallschutzes direkt und unmittelbar erkennbar ist. An Normung kann sich aber generell jeder beteiligen.

Eine Herausforderung der Raumakustik liegt darin, dass es hier immer um die subjektive Wahrnehmung

Room acoustics – about the standardizability of rooms

While the room acoustics of performance venues for music continues to receive a lot of attention during the planning phase, unplanned and ultimately ineffective situations still occur in the rooms of daily life. Office rooms, rooms in educational institutions, but also public spaces or sports facilities, i. e. rooms in the daily lives of many people, require room acoustic measures. Room acoustics in such rooms can also be planned. Specifications such as requirements and recommendations from standards, guidelines and other regulations provide the basis for planning and are presented in this article. Standardised measuring procedures are also available for checking rooms that have been built in accordance with the relevant specifications. The absorption values required for planning are to be determined on the basis of standardized laboratory measurement procedures. These different normative specifications will be presented and related within the framework of this article. The contribution represents an attempt of an overview.

von einzelnen Menschen geht. Dies durch Normung zu objektivieren und festzuschreiben, kann in manchen Bereichen gelingen, in anderen Feldern von vornherein zum Scheitern verurteilt sein. Schon seit Gustav Theodor Fechners Werk „Elemente der Psychophysik“ aus dem Jahre 1860 sind die Zusammenhänge zwischen Psychologie und Physik beschrieben. Subjektive Wahrnehmung und objektive Parameter können vielfach zur Deckung gebracht werden. Seit 1968 besteht durch DIN 18041 zur Hörsamkeit in Räumen ein breiter Konsens bezüglich der Ansprüche an Räume des alltäglichen Lebens. Allerdings sind Räume für Musik wie Konzertsäle und Opernhäuser, sakrale Räume wie Kirchen und Moscheen und viele andere Räume mit speziellen Anforderungen wie Fernseh- und Tonstudios, Audiometrieräume etc. hier ausgenommen, da Konsens besteht, dass diese Räume einer Normung nicht oder nur schwer zugänglich sind. Anders sieht dies bei Schulräumen, Besprechungsräumen, Konferenzräumen, aber auch Kantinen, Restaurants, Foyers, Sport- und Schwimmhallen

und weiteren Räumen des Alltags aus. Hier lassen sich gemeinsam und im Konsens objektivierbare Kenngrößen finden, die bei den meisten Menschen auch subjektiv zu einer großen Zufriedenheit in den entsprechenden Räumen führen. Psychoakustische Experimente und allgemeine Erfahrung bestätigen diesen Konsens.

(Bau-)Rechtliches – Anerkannte Regeln der Technik in der Raumakustik

Spätestens seit Einführung der ASR A3.7 „Lärm“ [2] im Mai 2018 hat die Raumakustik eine rechtliche Verankerung im Bereich des Arbeitsschutzes erfahren. Die ASR A3.7 konkretisiert die Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung [3], die wiederum direkt aus dem Arbeitsschutzgesetz [4] abgeleitet ist. Auch wenn die nun wieder eingeführten Anforderungen an den Beurteilungspegel von 55 dB oder 70 dB gerade in Mehrpersonenbüros oder Callcentern kritisch zu hinterfragen sind, enthält die ASR A3.7 klare Vorgaben zur raumakustischen Gestaltung von Arbeitsstätten wie Büros und Räumen in Bildungsstätten.

Ansonsten sind raumakustische Anforderungen in Gebäuden in Deutschland nicht allgemein baurechtlich vorgegeben, wobei hier Entwicklungen im Baurecht zu beobachten sind, die dies aktuell ändern. Das nachfolgende Beispiel zeigt das Vorgehen:

In Niedersachsen wurde bei der letzten Änderung der Verwaltungsvorschrift der Technischen Baubestimmungen, kurz VVTB, Nds. Ministerialblatt 3/2019 [5], dort Anlage A 4.2/2, mit DIN 18040-1 [6] der folgende Hinweis nicht mehr angeführt:

„Technische Regeln, auf die in dieser Norm verwiesen wird, sind von der Einführung nicht erfasst.“

Dieser Hinweis war im Nds. Ministerialblatt 12/2016 [7], dort Anlage A 7.2/2, enthalten und

ist nun entfallen. In der baurechtlich eingeführten DIN 18040-1:2010-10 [6] wird unter Ziffer 4.4.3 auf die DIN 18041 (undatiert) zur raumakustischen Planung hingewiesen. Durch den Wegfall dieses Ausschluss-Hinweises ist die DIN 18041 zumindest in Niedersachsen nach Ansicht einer zunehmenden Zahl von Baubehörden seit dem 28.1.2019 baurechtlich verbindlich eingeführt.

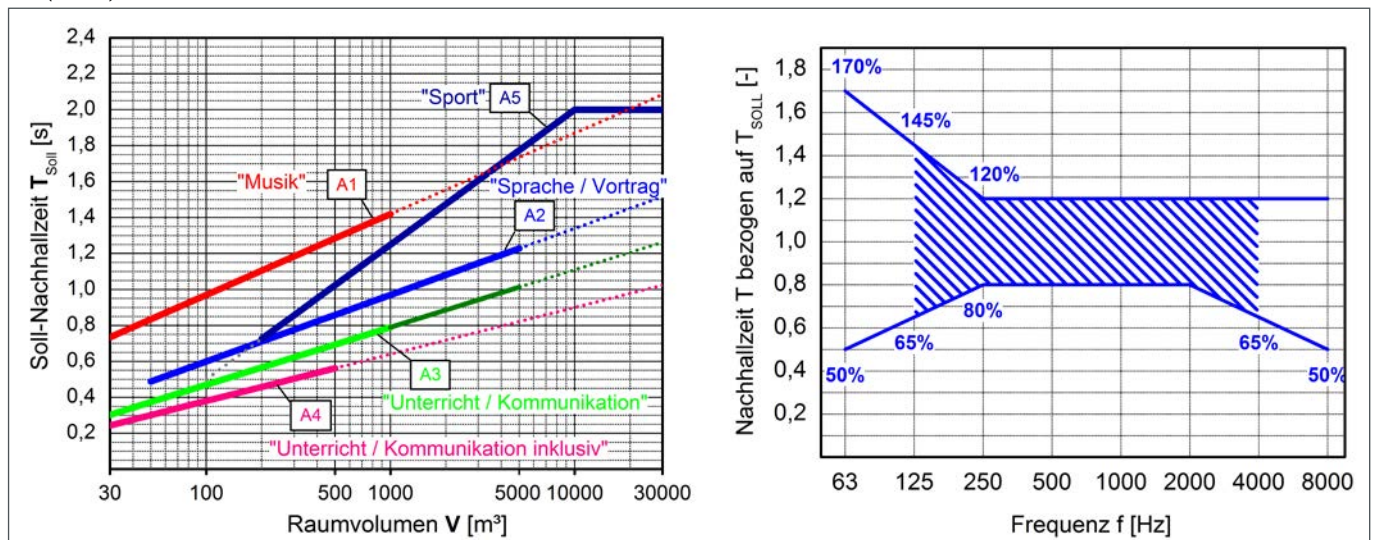
Jeder Planer ist zudem gehalten, die anerkannten Regeln der Technik bei seiner Tätigkeit zu berücksichtigen. Aus der Rechtsprechung, beispielsweise im Bereich des baulichen Schallschutzes, ist bekannt, dass ein Abweichen von den anerkannten Regeln der Technik gegenüber dem Auftraggeber bzw. Bauherrn zu begründen ist.

Im Bereich der Raumakustik ist die DIN 18041:2016-03 „Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung“ [8] als anerkannte Regel der Technik einzustufen. Dies wird auch im „Leitfaden Barrierefreies Bauen“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit [9] durch eine explizite Nennung von DIN 18041 bestätigt. Damit bestehen für eine Vielzahl von Räumen eindeutige rechtliche Vorgaben zur raumakustischen Gestaltung, die nachfolgend beschrieben werden.

DIN 18041 – Die zentrale Norm zur Raumakustik

Die DIN 18041 wurde erstmalig im Jahr 1968 mit dem Titel „Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen“ [10] veröffentlicht. Diesen Titel trug auch die Ausgabe des Jahres 2004 [11]. Mit der Neufassung der DIN 18041 [8] im März 2016 mit neuen Titel „Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung“ wur-

Abb. 1: Werte der Soll-Nachhallzeit T_{Soll} für Räume der Gruppe A (links) und zugehöriger Toleranzbereich für die Nutzungsarten A1 bis A4 (rechts) nach DIN 18041:2016-03



den einige Änderungen und Ergänzungen umgesetzt, um beispielsweise das Thema Inklusion in Schulen besser abzubilden. Bestehende Unklarheiten und Interpretationsmöglichkeiten wurden nach intensiven Diskussionen – u. a. im Fachausschuss Bau- und Raumakustik der DEGA – beseitigt. Einige der wichtigsten Neuerungen und Klarstellungen sind:

- Neue Nutzungsarten und Erweiterung um Anforderungen zur Inklusion für Räume der Gruppe A
- Eindeutiger, klar definierter Toleranzbereich für Räume der Gruppe A
- Hinweise für Nachweisverfahren im normativen Anhang A
- Neuregelung für Räume der Gruppe B, u. a. Entfall des bewerteten Schallabsorptionsgrades α_w

Weitere Hinweise und Anmerkungen aus der Überarbeitung in den Jahren 2013 bis 2016 sind im Kommentar zur DIN 18041 [12] zu finden.

Räume der Gruppe A

In Abbildung 1 sind die geforderten Nachhallzeiten für die Nutzungsarten A1 bis A5 in Abhängigkeit vom Raumvolumen grafisch dargestellt. Die Bereiche der typischen Volumina sind als durchgezogene Linien dargestellt; punktiert sind im Sinne der Norm untypische Volumina. Die genauen Formeln und Volumenbereiche finden sich im Normtext. Anforderungen für Räume mit mehr als 5.000 m³ gibt die DIN 18041 lediglich für Sport- und Schwimmhallen vor. Die Frequenzabhängigkeit der Nachhallzeit wird ebenfalls in der DIN 18041 thematisiert. Für die Nutzungsarten A1 bis A4 wird ein Toleranzbereich im Frequenzbereich zwischen 125 Hz und 4.000 Hz definiert. Bezugsgröße ist die Nachhallzeit T_{Soll} der jeweiligen Nutzungsart (siehe Abbildung 1). In der DIN 18041 sind die Toleranzbereiche über den verbindlichen Frequenzbereich der Norm hinausgehend auch für die Bereiche unterhalb von 100 Hz und oberhalb von 5.000 Hz als optionale Orientierungswerte angegeben. Diese Orientierungswerte sind in der Praxis der Räume des Alltags ohne Bedeutung. Die Anforderungen an die Nachhallzeit beziehen sich auf den besetzten Zustand des jeweiligen Raumes. Bei Planungen wie auch bei Nachweismessungen muss die Umrechnung zwischen dem unbesetzten und dem besetzten Zustand nach den Vorgaben des neuen normativen Anhangs A der DIN 18041 erfolgen. Die folgende Anmerkung der Ausgabe 2004 ist im Rahmen der Überarbeitung entfallen:

„Anmerkung: Im unbesetzten Zustand sollte die Nachhallzeit des Raumes im Allgemeinen nicht mehr als 0,2 s über dem Sollwert liegen.“

Dieser Satz führte zu Interpretationen für den Zielbereich der Nachhallzeit, wie das folgende Beispiel verdeutlicht:

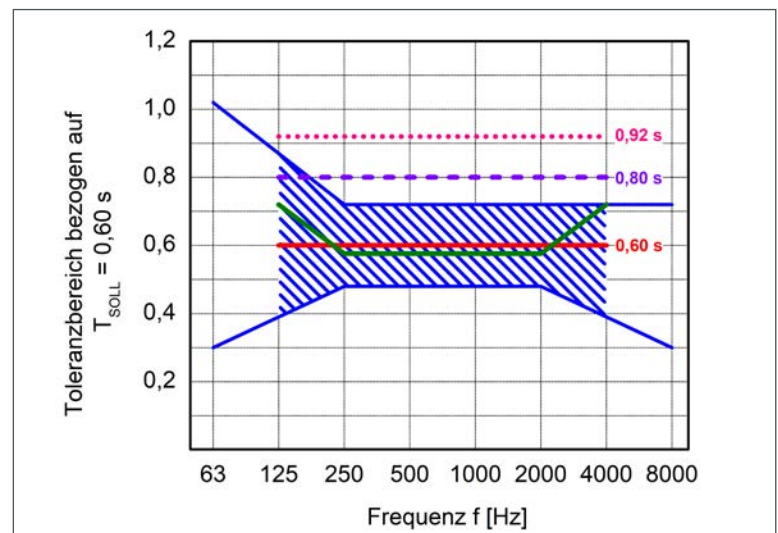
Ein Klassenraum mit einem Volumen von 245 m³ (entsprechend 72 m² Grundfläche und 3,4 m Raumhöhe) sollte nach der Nutzungsart A3 (Nutzungsart Unterricht in der Ausgabe 2004 von DIN 18041) eine Soll-Nachhallzeit $T_{\text{Soll,A3}} = 0,60$ s aufweisen. Der entsprechende Toleranzbereich der nach der DIN 18041 Ausgabe 2016 eingehalten werden muss, ist in Abbildung 2 dargestellt. Ebenfalls ist die Obergrenze von $T_{\text{Soll,max}} = 0,8$ s, die nach der Anmerkung in der Ausgabe 2004 von DIN 18041 für einen leeren Raum möglich wäre. Spitzfindige Planungen nahmen sogar als maximalen Wert die Obergrenze, hier 0,72 s, und addierten darauf 0,2 s für den leeren Raum, so dass der ebenfalls dargestellte Wert von 0,92 s möglich war, je nach Interpretation des Planers.

Der ebenfalls schon 2004 vorhandene Hinweis, dass eine Absenkung der Soll-Nachhallzeit um bis zu 20 % für Personen mit eingeschränktem Hörvermögen im Bereich von 250 Hz bis 2.000 Hz erfolgen sollte, entspricht der nun eingeführten Nutzungsart A4. Die entsprechende Obergrenze ist in Abbildung 2 als grüne Linie dargestellt.

Räume der Gruppe B

Für Räume der Gruppe B, bei denen die Hörsamkeit nur über geringe Entfernungen zu gewährleisten ist, werden keine Anforderungen an die Nachhallzeit definiert. Es werden Empfehlungen zur Raumbedämpfung durch das Verhältnis der gesamten äquivalenten Absorptionsfläche im Raum A und dem Raumvolumen V, im Folgenden A/V-Verhältnis, vorgegeben. Bei den Räumen der Gruppe B werden analog dem Vorgehen bei der Raumgruppe A ebenfalls fünf Nutzungsarten B1 bis B5 definiert. Diese gegenüber den

Abb. 2: Toleranzbereich für eine Soll-Nachhallzeit $T_{\text{Soll}} = 0,6$ s (blau schraffiert) nach DIN 18041:2016-03 und mögliche Obergrenzen der Nachhallzeit nach DIN 18041:2004-05 von 0,80 s und 0,92 s, sowie Obergrenze nach Hinweis Inklusion aus DIN 18041:2004-05 (in grün).



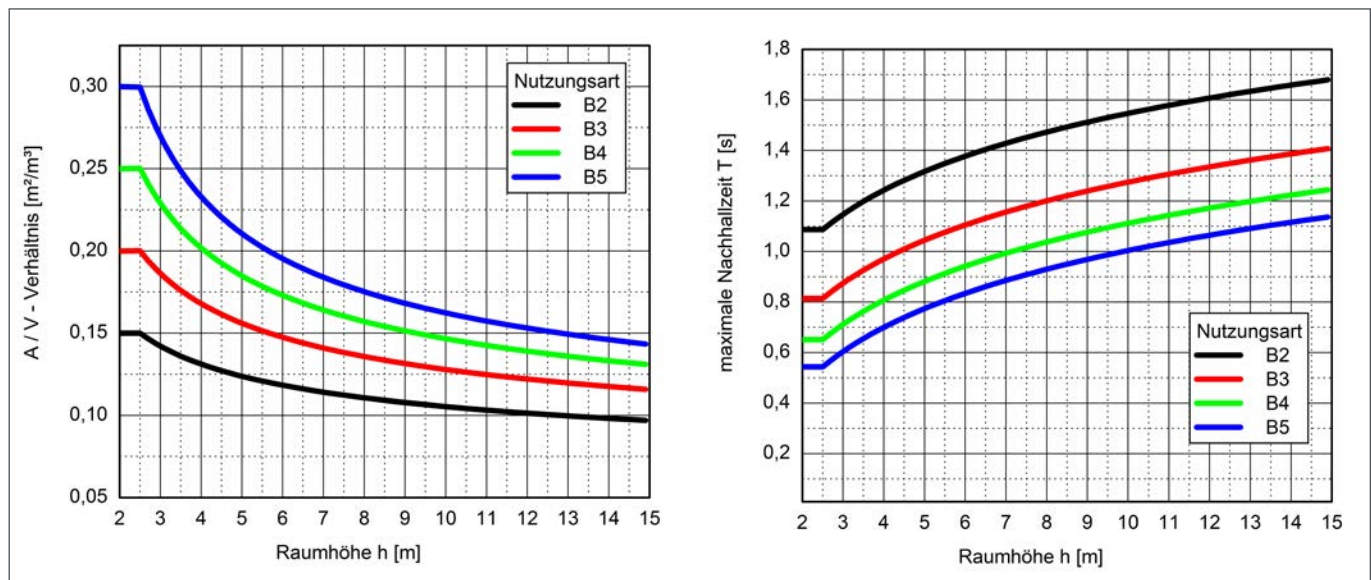


Abb. 3: Mindestens erforderliche Werte für das A/V-Verhältnis für Raumgruppe B nach DIN 18041:2016-05 für die Nutzungsarten B2 bis B5 (links) sowie die entsprechende maximale Nachhallzeit (rechts) bei Annahme eines diffusen Schallfeldes.

vorherigen Ausgaben der DIN 18041 neu eingeführte Unterscheidung orientiert sich an der Aufenthaltsdauer sowie dem notwendigen Grad der Lärminderung in dem jeweiligen Raumtyp. Die Einteilung reicht von Räumen ohne Aufenthaltsqualität (Nutzungsart B1) bis hin zu Räumen mit einem besonderen Bedarf an Lärminderung und akustischem Raumkomfort (B5). Für die fünf Nutzungsarten B1 bis B5 werden Orientierungswerte für das mindestens erforderliche A/V-Verhältnis vorgegeben (siehe Abbildung 3). Diese Orientierungswerte sind in den einzelnen Oktaven von 250 Hz und 2.000 Hz einzuhalten. Im Sinne der DIN 18041 ist auch bei Räumen der Gruppe B eine frequenzabhängige Betrachtung zwingend notwendig. Anders als bei den Räumen der Gruppe A wird lediglich der für Sprache wichtige Frequenzbereich zwischen 250 Hz und 2.000 Hz verwendet.

Auch während der im Jahr 2016 abgeschlossenen Überarbeitung der DIN 18041 wurde wie schon bei der Überarbeitung zum Jahr 2004 vereinzelt die Meinung geäußert, siehe [13], den normativ festgelegten Frequenzbereich um jeweils eine Oktave am unteren und oberen Rand zu erweitern. Es existieren nach wie vor keine wissenschaftlich gesicherten Erkenntnisse, dass hierdurch eine wesentliche Verbesserung der Hörsamkeit von den in der Norm behandelten Räumen für Sprachdarbietungen erreicht wird. Im Juni 2014 hat eine große Mehrheit der beteiligten Fachleute hierzu Stellung bezogen, siehe dazu die „Gemeinsame Stellungnahme des DIN-Arbeitskreises zur Überarbeitung der DIN 18041 und des Fachausschusses Bau- und Raumakustik der Deutschen Gesellschaft für Akustik zur Thematik tiefer Frequenzen in der Akustik kleiner bis mittelgroßer Räume“ [14].

Weitere Regelwerke

Nachfolgend werden einige weitere Regelwerke mit raumakustischen Vorgaben kurz beschrieben, ohne dass diese Aufzählung einen Anspruch auf Vollständigkeit hat.

VDI 2569 – Büroräume

Nachfolgend wird die aktuelle Neufassung der Richtlinie VDI 2569 „Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro“ [15] vom Oktober 2019 kurz vorgestellt. Sowohl für den Schallschutz als auch die akustische Gestaltung im Büro wurde die Richtlinie VDI 2569 grundlegend neu gefasst. Beim Schallschutz werden die maßgeblichen Kenngrößen, wie schon zuvor im Bereich des Wohnungsbaus mit der Richtlinie VDI 4100 „Schallschutz im Hochbau“ [16], auf nachhallbezogene Kennwerte umgestellt. Die mit der Neufassung der VDI 2569 [17] angestrebte Neuausrichtung der Richtlinie geht davon aus, dass neben dem eigentlichen Lärm auch das ungewollte Verstehen von Sprache in Büros als größter Störfaktor von den Mitarbeitern beschrieben wird. Ein wichtiger Unterschied des Ansatzes der VDI 2569 im Vergleich zur DIN 18041, die generell auf das Erreichen einer möglichst guten Hörsamkeit in den verschiedenen Räumen abzielt, besteht darin, dass in der VDI 2569 Maßnahmen zur Minderung der Sprachverständlichkeit sowie zur Senkung von Störgeräuschen angeführt werden. Mit der Neufassung der VDI 2569 werden die Grundlagen der Lärmwirkungen in Büros dargestellt. Die klassischen Ansätze der Lärminderung führen in Büros häufig nicht zur Lösung bestehender Probleme, die meist nicht durch zu hohe Lautstärken geprägt sind. Weniger direkte oder aurale Wirkungen sind der Grund

der Störungen im Büro, sondern vielmehr führen die Geräusche mit niedrigen Pegeln zu extraauralen Belastungsreaktionen mit verschiedensten Ausprägungen. In [18] wird aber im Zusammenhang mit extraauralen Wirkung von Geräuschen darauf hingewiesen, dass lediglich 30 % bis 40 % der Belastungen durch technisch-akustische Zusammenhänge aufgeklärt werden können.

Die Festlegung der raumakustischen Empfehlungen erfolgt getrennt für Einzel- und Mehrpersonenbüros. Für beide der betrachteten Büroarten werden Kriterien für eine Klassifizierung jeweils in drei Klassen (kurz: A, B und C) definiert. Die Klassifizierung bezieht sich auf die Intensität der Kommunikation in den jeweiligen Büroräumen; ein Callcenter oder ein Raum für Vieltelefonierer benötigt andere Maßnahmen als ein Büro für Verwaltung oder Konstruktion. Bei den Mehrpersonenbüros wird zudem zwischen kleinen und großen Mehrpersonenbüros unterschieden. Als Kriterium zur Abgrenzung zwischen kleinen und großen Mehrpersonenbüros dient der maximale Abstand zwischen allen vorhandenen Arbeitsplätzen. In kleinen Mehrpersonenbüros im Sinne von VDI 2569 ist der Abstand zwischen den am weitesten entfernten Arbeitsplätzen kleiner als 8 m. Entsprechend sind große Mehrpersonenbüros Räume mit mehr als 8 m zwischen den am weitesten entfernten Arbeitsplätzen.

Während im Einzelbüro und im kleinen Einzelbüro als raumakustische Kenngrößen die maximale Nachhallzeit $T_{\max}$ und der Störschalldruckpegel der bauseitigen Geräusche $L_{NA;Bau}$, siehe DIN 18041 [8] verwendet werden, kommen im großen Mehrpersonenbüro noch weitere Kenngrößen hinzu, um eine Klassifizierung durchzuführen. Es werden die räumliche Abklingrate $D_{2,S}$ sowie der Sprachpegel in 4 m Abstand $L_{p,A,S,4m}$ nach DIN EN ISO 3382-3 [19] (siehe nachfolgend) als weitere raumakustische Kenngrößen zur Klassifizierung verwendet. Die im großen Mehrpersonenbüro wichtigen Aspekte der Schallausbreitung und -abschirmung werden durch diese beiden Parameter aufgegriffen. Große Mehrpersonenbüros werden somit in der VDI 2569 anhand von vier Kenngrößen klassifiziert.

Abbildung 4 zeigt die Empfehlungen zur Nachhallzeit in den verschiedenen Bürotypen für die Klassifizierung.

Arbeitsschutz – Arbeitsstättenregel und Technische Regeln

Die Arbeitsstättenregel ASR A3.7 „Lärm“ [2] gilt für das Einrichten und Betreiben von Arbeitsstätten und Arbeitsplätzen in Arbeitsräumen, mithin besteht kein Bestandsschutz für vorhandene Arbeitsräume. Neben Vorgaben für den Beurteilungspegel, abge-

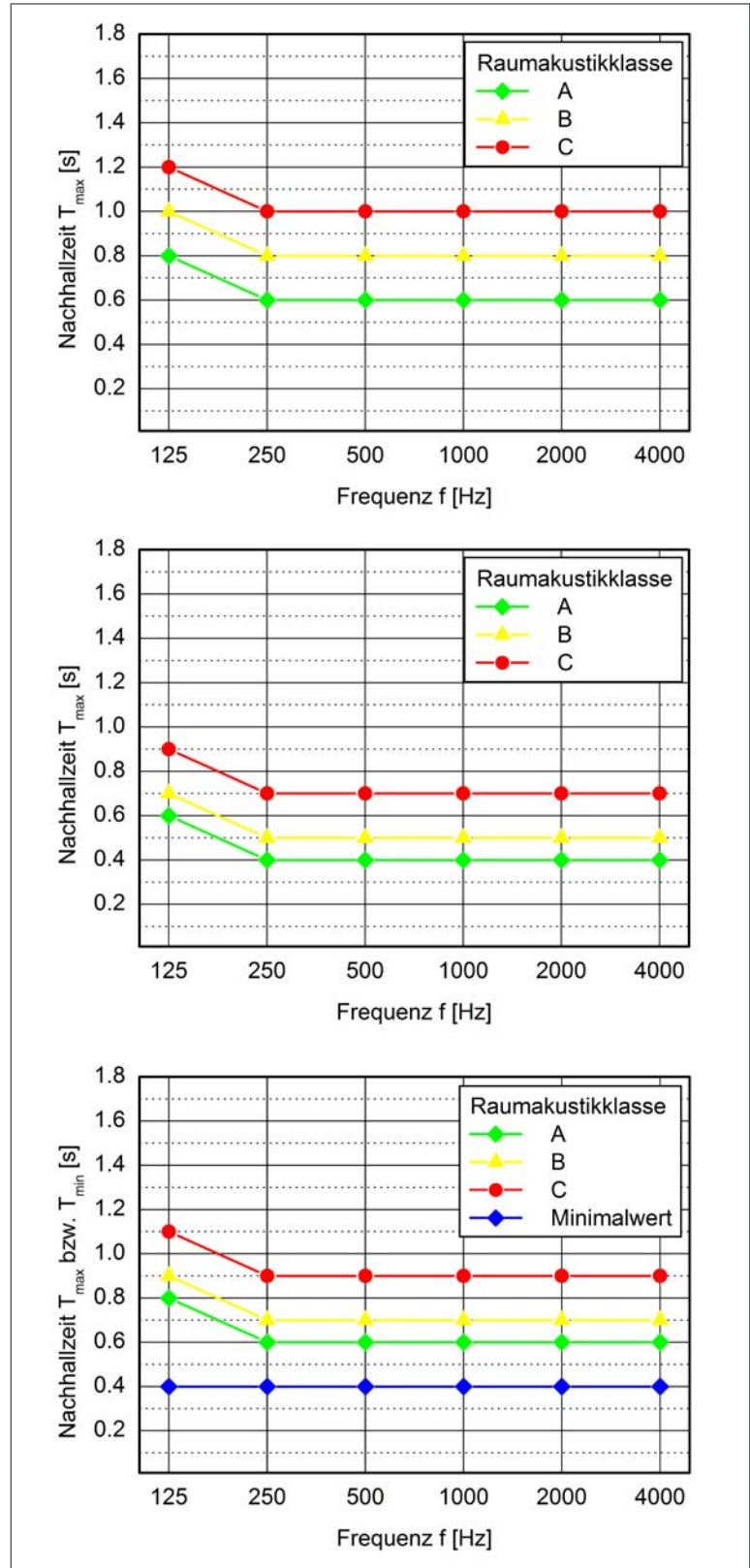


Abb. 4: Empfehlung für die Nachhallzeit $T_{\max}$ nach VDI 2569: 10-2019 in Einzelbüros (oben), kleinen Mehrpersonenbüros (mittig) und großen Mehrpersonenbüros (unten), jeweils für die Raumakustikklassen A, B und C.

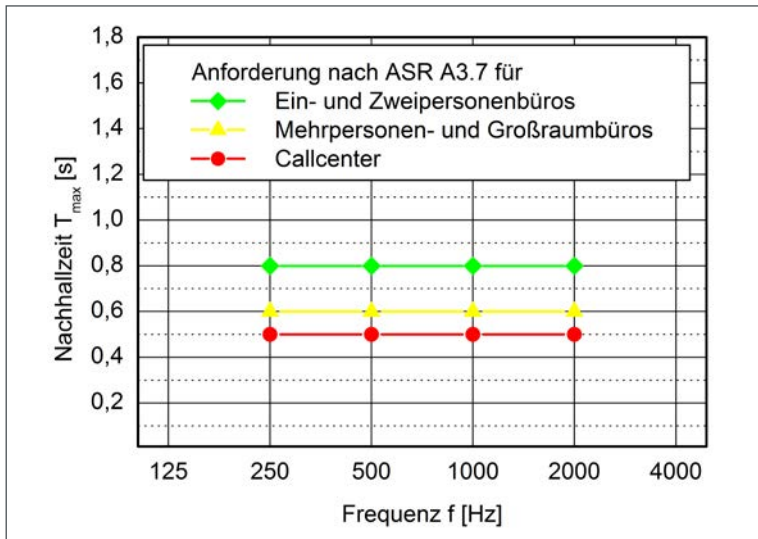


Abb. 5: Anforderungen für die maximale Nachhallzeit in Büros nach ASR A3.7

stuft nach drei Tätigkeitskategorien, ähnlich denen aus VDI 2058 Blatt 3 [20], werden auch raumakustische Anforderungen definiert.

Es wird zwischen Büroräumen, Räumen in Bildungsstätten und sonstigen Räumen mit Sprachkommunikation unterschieden. Bei den Büroräumen, wie auch den Räumen in Bildungsstätten, werden Anforderungen an den Hintergrundgeräuschpegel und die Nachhallzeit gestellt. Alle sonstigen Arbeitsräume, in denen Sprachkommunikation stattfindet und sie nicht als Büros oder Bildungsstätten einzuordnen sind, „sollen durch raumakustische Maßnahmen so gestaltet werden, dass ein mittlerer Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha} = 0,3$ beim eingerichteten Raum erreicht wird.“ (sic!) Somit wird in ASR A3.7 [2] eine Kenngröße der Schallabsorption im Raum zur Regulierung der Raumakustik verwendet; ein Vorgehen, das auch zur Raumakustik industriell genutzter Räume, wie Werkhallen etc., nach den Technischen Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (TRLV) [21] angewendet wird. Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass in der TRLV Lärm 3 [22] der arithmetische Mittelwert über die vier Oktaven von 500 Hz bis 4.000 Hz verwendet wird.

Weiterhin wird lediglich von sechs Raumbegrenzungsflächen eines Raums ausgegangen. Bei der Betrachtung der Raumakustik im Sinne der TRLV Lärm 3 [22] sind daher wie bei der ASR A3.7 [2] für die sonstigen Räume mit Sprachkommunikation zwei Mittelwertbildungen (über Frequenz und Fläche) für den Absorptionsgrad anzuwenden, wobei unterschiedliche Frequenzbereiche verwendet werden.

Für Büroräume werden nach ASR A3.7 Werte für die Nachhallzeit im unbesetzten Raumzustand angegeben, die in den Oktaven von 250 Hz bis 2.000 Hz nicht überschritten werden sollen. Es wird zwischen Callcentern, Mehr- und Großraumbüros sowie Ein-

zelbüros unterschieden. Die Werte für die maximale Nachhallzeit nach ASR A3.7 [2] sind in der Abbildung 5 dargestellt.

Im Vergleich zu den Empfehlungen der VDI 2569 [17] fällt auf, dass eine Differenzierung nach verschiedenen Nutzungen nicht erfolgt und ein kleinerer Frequenzbereich von lediglich 4 Oktaven verwendet wird. Andererseits gehen die Anforderungen für Callcenter über die Empfehlungen der VDI 2569, dort Raumakustikklasse A, hinaus. Eine untere Begrenzung der Nachhallzeit wie in der DIN 18041 [8] ist nicht vorgegeben.

Eine Vorgabe zu den Parametern für Großraumbüros nach DIN EN ISO 3382-3 [19] ist in der ASR A3.7 nicht enthalten. Die Beschränkung der ASR allein auf die Kenngröße Nachhallzeit ist umso erstaunlicher, obwohl seit geraumer Zeit bekannt ist, dass die Nachhallzeit gerade für Mehrpersonenbüros nicht die allein maßgebliche Kenngröße ist. Die Nichtbeachtung der Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung in der ASR ist bemerkenswert, da dennoch darauf hingewiesen wird: „In der Regel besteht in Büroräumen der Bedarf einer guten Sprachverständlichkeit über geringe Entfernungen, bei der andere, nicht beteiligte Personen nicht gestört werden.“

Hinsichtlich des Lärminderungsgebots des Arbeitsschutzgesetzes [4] wird in der ASR A3.7 beschrieben: „Das Einspielen von Hintergrundrauschen als Maskierung für die Hintergrundsprache soll vermieden werden.“

Damit dürfte das Potential der Schallmaskierung gegen null konvergieren.

Unter Ziffer 5.1. (4) der ASR A3.7 wird beschrieben: „Für Tätigkeiten, bei denen überwiegend sprachabhängige kognitive Aufgabenstellungen zu lösen sind, sollen Arbeitsplätze ohne Belastung durch Hintergrundsprache zur Verfügung gestellt werden.“

Diese Belastung durch Hintergrundsprache wird allerdings nicht durch die entsprechenden raumakustischen Kenngrößen thematisiert, wie sie mit DIN EN ISO 3382, Teil 3 [19] seit 2012 zur Verfügung stehen. Hier wird in der ASR A3.7 [2] für die Mehrpersonenbüros eine Chance vertan, über den Bereich der reinen Nachhallakustik hinaus Regelungen zu treffen. Der Stand der Technik für Mehrpersonen- und Großraumbüros wird nicht durch die ASR A3.7 beschrieben, sondern kann mit Hilfe der aktuellen VDI 2569 [17] ermittelt werden.

Regelwerke für weitere Räume

DIN 15606 „Tagungsstätten“ [23] nimmt direkten Bezug auf DIN 18041 und weist darauf hin, dass diese Vorgaben für unterschiedliche Raumgrößen und Nutzungen zu beachten sind. Angemerkt wird, dass auch in Kombination mit einer Beschallungsanlage die Raumakustik so gestaltet sein muss, dass ein

Sprachübertragungsindex von $STI > 0,55$ nach [24] erreicht wird.

Für Bild- und Tonbearbeitung in Film-, Video- und Rundfunkbetrieben werden mit DIN 15996 [25] die Richtwerte zur Nachhallzeit in Abhängigkeit vom Volumen des Raums frequenzabhängig beschrieben. Der arithmetische Mittelwerte T_m wird für die Terzbänder von 200 Hz bis 2.500 Hz definiert, der Toleranzbereich beträgt bei mittleren Frequenzen lediglich $\pm 10\%$.

Für Bibliotheken wird in der DIN 67700 „Bau von Bibliotheken und Archiven – Anforderungen und Empfehlungen für die Planung“ [26] differenziert auf die Vorgaben der DIN 18041 [8] eingegangen. Für verschiedene Funktionsbereiche in Bibliotheken wird detailliert auf die Nutzungsarten der DIN 18041 [8] verwiesen (siehe Tabelle 1).

Normen zu Messungen in der Raumakustik

Bis zum Jahr 2008 war zur Messung der Nachhallzeit letztlich nur eine Messvorschrift (DIN 52216:1965-08) vorhanden, die dann durch die Normenreihe DIN EN ISO 3382 fortgeschrieben und erweitert wurde. Inzwischen existieren drei Teile. Teil 2 [27], eingeführt im September 2008, bezieht sich auf die

Tab. 1: Verknüpfung von Funktionsbereichen in Bibliotheken und Archiven nach DIN 67700 [26] und Nutzungsarten nach DIN 18041 [8].

Funktionsbereich nach DIN 67700		Nutzungsart nach DIN 18041
Nutzerplätze	Arbeitsplatz für konzentrierte Einzelarbeit	B4
	Gruppenarbeitszone	B3
	Sitzstufen	B3
	Einzelarbeitsraum	B5
	Gruppenarbeitsraum	B4
	Schulungsraum	A4
Servicebereich	Mitarbeiterarbeitsplatz	B4
	Scannen / Kopieren in Selbstbedienung	B3 / B5
Medienlogistik	Sortierarbeitsplatz	B4 / B5
Werkstätten	Trockenreinigung an Sicherheitswerkbank, Digitalisierung an Aufsichtsscanner bis DIN A1, Mikroverfilmung an Aufsichtskamera bis DIN A1	B4 / B5

Messung der Nachhallzeit in gewöhnlichen Räumen, Teil 1 [28], erschienen im Oktober 2009, behandelt die Messung in Aufführungsräumen und der im Mai

XL2 Room Acoustics Reporter

INTI
AUDIO



Tab. 2: Übersicht der raumakustischen Parameter aus DIN EN ISO 3382, Teile 1 bis 3

DIN EN ISO 3382	raumakustische Parameter
Teil 1 Aufführungsräume	T_{20} Nachhallzeit T_{30} Nachhallzeit G Stärkemaß EDT Frühe Abklingzeit C_{80} Klarheitsmaß D_{50} Deutlichkeit T_s Schwerpunktzeit J_{LF} Früher seitlicher Energieanteil L_j Später seitlicher Energieanteil
Teil 2 gewöhnliche Räume	T_{20} Nachhallzeit T_{30} Nachhallzeit
Teil 3 Großraumbüros	STI (Messung nach vollständigem Verfahren DIN EN 60268-16 [24]) r_D Ablenkungsabstand r_p Vertraulichkeitsabstand $D_{2,S}$ Räumliche Abklingrate $L_{p,A,S,4m}$ Sprachpegel in 4 m-Entfernung $L_{p,A,B}$ Fremdgeräusch

2012 veröffentlichte Teil 3 [19] behandelt die Messung raumakustischer Parameter in Großraumbüros. Im Zusammenhang mit der Raumakustik gewöhnlicher Räume ist primär der Teil 2 von Interesse, der die Messung der Nachhallzeit beschreibt. Als Raumtypen werden Wohnräume, Treppenhäuser, Werkstätten, Industrieanlagen, Klassenräume, Büros, Restaurants, Messehallen, Sporthallen sowie Bahnhöfe und Flughafenabfertigungsgebäude explizit benannt. Sowohl im Teil 1 als auch im Teil 2 der DIN EN ISO 3382 [28][27] werden zwei mögliche Verfahren zur Messung der Nachhallzeit angeführt: das Verfahren des abgeschalteten Rauschens sowie das Verfahren der integrierten Impulsantwort. Die Unterschiede sowie jeweiligen Vor- und Nachteile dieser beiden Verfahren können an dieser Stelle nicht vertieft werden. In DIN EN ISO 3382-3 [19] wurden Kenngrößen und Verfahren zur objektiven Messung und Beschreibung der Akustik im Großraumbüro eingeführt. Diese sind:

- räumliche Abklingrate des A-bewerteten Schalldruckpegels der Sprache, kurz $D_{2,S}$
- Ablenkungsabstand, kurz r_D , und Vertraulichkeitsabstand, kurz r_p
- bewerteter Schalldruckpegel der Sprache in einem Abstand von 4 m, kurz $L_{p,A,S,4m}$

Die räumliche Abklingrate $D_{2,S}$ wie auch der Sprachpegel in 4 m Abstand $L_{p,A,S,4m}$ beziehen sich auf ein normiertes Spektrum von Sprache und werden zur Klassifizierung von großen Mehrpersonnbüros

nach VDI 2569 [17] verwendet.

Alle Kenngrößen der Teile 1 bis 3 sind als Übersicht in Tabelle 2 aufgeführt.

Normen zur Berechnung in der Raumakustik

Die klassische Betrachtung zur Berechnung der Nachhallzeit geht auf W. C. Sabine zurück, der um 1900 anhand von umfangreichen Messungen die nach ihm benannte Formel empirisch abgeleitet hat. Diese Formel ist durch DIN EN 12354, Teil 6 [29], dort Formel 5, auch normativ gefasst. Wie in diesem Regelwerk angeführt, wird für die Berechnung der äquivalenten Schallabsorptionsfläche A und der Nachhallzeit T in Räumen ein diffuses Schallfeld angenommen. Nach den Ausführungen in [29] bedeutet dies, dass die Abmessungen des Raumes in gleicher Größenordnung sind und die Absorption über den Raum verteilt ist; das Vorhandensein schallstreuender Objekte führt zu weniger starken Einschränkungen. Die Wirkung der Absorption durch Oberflächen, Objekte, durch Objektanordnungen, Personen und durch die Luft wird berücksichtigt. Die akustischen Absorptionsdaten zu den betreffenden Materialien, Objekten und Objektanordnungen sollten vorrangig durch genormte Prüfstandsmessungen nach DIN EN ISO 354 [30] ermittelt werden.

Als Einschränkungen für das klassische Rechenmodell werden in [29] die folgenden Voraussetzungen genannt, die auch im normativen Anhang A von DIN 18041 [8] zum Nachweis der raumakustischen Anforderungen aufgegriffen wurden:

- regelmäßig ausgebildete Volumina: keine Dimension sollte mehr als das 5-fache jeder anderen Dimension betragen;
- gleichmäßig verteilter Absorption: der Absorptionsgrad sollte zwischen Paaren gegenüberliegender Oberflächen um nicht mehr als einen Faktor 3 abweichen, außer wenn einige schallstreuende Objekte vorhanden sind;
- nicht zu viele Objekte: der Objektanteil sollte kleiner als 0,2 sein.

Im Anhang D von DIN EN 12354, Teil 6 [29] werden zwei erweiterte Modelle zur Bestimmung der Nachhallzeit vorgestellt und darauf hingewiesen, dass für einen Raum mit einer ungleichmäßigen Absorptionsverteilung oder unregelmäßigen Form die Vorhersage zur Nachhallzeit entsprechend dem Rechenmodell nach Sabine möglicherweise entweder falsch oder irrelevant ist.

Neben diesen klassischen analytischen Methoden zur Berechnung der Nachhallzeit existieren seit geraumer Zeit verschiedene computergestützte Verfahren zur Modellierung der Schallausbreitung in Räumen. Diese raumakustischen Simulationsverfahren

basieren auf verschiedenen numerischen Ansätzen, die in diesem Rahmen nicht vertiefend dargestellt werden können, siehe dazu die entsprechende Fachliteratur [31], [32] oder [33]. Weit verbreitet und mehrfach kommerziell umgesetzt ist die Methode der Strahlenverfolgung (engl.: „Ray Tracing“).

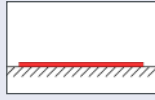
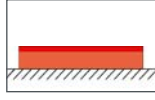
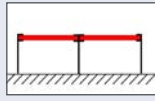
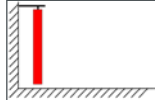
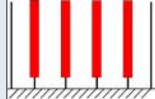
Aktuell existiert keine normative Vorgabe zu diesen numerischen Methoden zur Berechnung von Schallfeldern in Räumen. Ein solches Regelwerk wäre nach den immensen Entwicklungen bei den raumakustischen Simulationsprogrammen sicherlich wünschenswert, um so eine Qualitätssicherung und Verlässlichkeit in diesem Bereich zu erreichen, ähnlich dem Vorgehen, wie es im Bereich des Immissions-schutzes durch DIN 45687 „Software-Erzeugnisse zur Berechnung der Geräuschemission im Freien – Qualitätsanforderungen und Prüfbestimmungen“ [34] durchgeführt wurde. Ein neues Regelwerk für Qualitätsanforderungen für Erzeugnisse zur Berechnung von Schallfeldern in Räumen wäre hierzu sicherlich hilfreich.

Absorptionswerte von Materialien und Aufbauten

Das klassische Hallraum-Verfahren zur Bestimmung der Absorption von Materialien ist durch DIN EN ISO 354 [30] normativ beschrieben. Bei den Prüfobjekten wird zwischen flächenhaften Schallabsorbern und einzelnen Schallabsorbern unterschieden. Bei flächenhaften Absorbern ist eine überdeckte Fläche von 10 m² bis 12 m² erforderlich. Verschiedene Aufbauarten von Flächenabsorbern sind im normativen Anhang B der DIN EN ISO 354 detailliert dargestellt (siehe Tabelle 3).

Für die einzelnen Schallabsorber im Sinne der DIN EN ISO 354 fehlte eine entsprechend detaillierte Darstellung der Aufbauarten. Es wird lediglich angeführt: „Einzelobjekte (z. B. Stühle, freistehende Stellwände oder Personen) müssen für die Messung in gleicher Weise angeordnet werden, wie es in der Praxis üblich ist“. Es besteht in der aktuell gültigen Fassung der DIN EN ISO 354 aus dem Jahr 2003 die Unklarheit, wie mit Objekten wie Stellwänden, Tischaufsätzen, Schränken und anderen Einrichtungselementen zu verfahren ist. Diese Unklarheit bezüglich der Messung und der Beschreibung von Einrichtungsgegenständen wurde mit der Einführung von ISO 10189 im November 2018 [35] beseitigt. Das Verfahren beruht auf einer Messung der Schallabsorptionsfläche A_{obj} von Einzelobjekten nach DIN EN ISO 354 [30]. Der auf das Objekt bezogene Schallabsorptionsgrad α_{obj} aller dem Schallfeld ausgesetzten Flächen des Objekts beruht auf einer geometrischen Akustik-Repräsentation, die nach ISO 10189 [35] zu definieren ist. Die geometrische

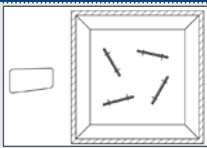
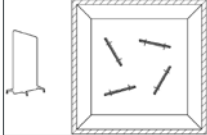
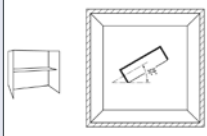
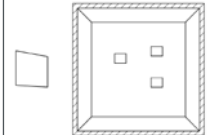
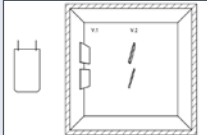
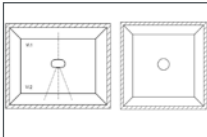
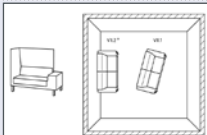
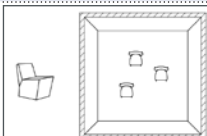
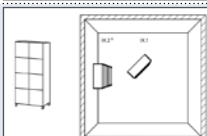
Tab. 3: Aufbauten im Hallraum nach normativem Anhang DIN EN ISO 354 [30] aus [41].

Aufbau	Kurzbeschreibung und Beispiele
Typ A 	direkte Montage des Prüfobjekts an einer Raumbofläche mit Klebemitteln oder mechanischen Befestigungen Beispiele: Teppichböden, aufgeklebte Schaumstoffe
Typ B 	Aufbau für Produkte, die direkt mit einem Kleber auf einen harten Untergrund gebracht werden Beispiele: Akustikputze auf einer Trägerplatte, poröse Materialien mit Tragstruktur
Typ E 	Befestigung des Prüfobjekts mit einem Luftspalt; Prüfobjekte können »auf dem Kopf« stehend auf den Boden des Hallraums aufgebracht werden; es sollte mit Abständen von 200 mm und 400 mm geprüft werden; andere Abstände können verwendet werden Beispiele: Rasterdecken
Typ G 	hängende Montage des Prüfobjekts; es soll mit einem Abstand der Vorderfläche des Prüfobjekts zur Wand des Hallraums von 100 mm geprüft werden; weitere Abstände als Vielfaches von 50 mm können verwendet werden Beispiele: Vorhänge, Rollos, Sonnenblenden
Typ I 	Aufbau für aufgespritzte oder mit Kelle aufgetragene Materialien Beispiele: Akustikputze
Typ J 	Aufbau für rechteckige schallabsorbierende Platten oder Baffles; Platten oder Baffles müssen in zwei oder drei Reihen angeordnet werden Beispiele: Platten, Baffles

Repräsentation kann unmittelbar für die Simulation in entsprechenden 3D-Modellen verwendet werden, s. a. [36][37]. In Tabelle 4 sind die in ISO 10189 verwendeten Prüfaufbauten dargestellt.

Wie zuvor angesprochen, gehen nahezu sämtliche Vorgaben wie in ASR A3.7 [2], DIN 18041 [8] oder auch VDI 2569 [17] von einer frequenzabhängigen Betrachtung der Nachhallzeit aus. Somit werden frequenzabhängige Absorptionswerte benötigt. Die Abschaffung der wenig aussagekräftigen und eher im Marketing begründeten Schallabsorberklassen, siehe Entwurf zur Neufassung von DIN EN ISO 11654 [38] vom Mai 2018, ist nicht erfolgreich verlaufen, da der Entwurf nicht angenommen wurde. Damit gilt weiterhin die veraltete Fassung dieser Norm aus

Tab. 4: Aufbautypen für Prüfobjekte und Beispiele gemäß normativem Anhang B von ISO 20189 [35] aus [41].

Aufbau	Skizze	typische Aufbauten
Typ I		Schreibtischaufsätze
Typ II		Stellwände auf Boden stehend
Typ III		Möbelanordnungen
Typ IV		Einzelabsorber in Wandmontage
Typ V		Einzelabsorber in Hängemontage
Typ VI		Volumenelemente
Typ VII		Sitzmöbel
Typ VIII		Stühle, Container, Hocker
Typ IX		Regale und Schränke

dem Jahr 1997 zur Bewertung der Schallabsorption und führt zu Missbrauch und Konfusion, wenn die Bewertung nach Schallabsorberklassen für Stellwände, Tischaufsätze und andere Objekte verwendet wird. Auch vor dem Hintergrund der Genauigkeit des Hallraumverfahrens mit Abweichungen von bis zu $\pm 0,05$ für den Schallabsorptionsgrad α_s in einzelnen Oktavbändern, siehe Entwurf DIN EN ISO 12999-2 [40] vom August 2019, sind die Klassifizierung in Stufen von 0,05 beim bewerteten Schallabsorptionsgrad sowie die Schallabsorberklassen kritisch zu hinterfragen.

Zusammenfassung – Normen-Übersicht

Abschließend ist in Abbildung 6 eine Übersicht der maßgeblichen Regelwerke zur Raumakustik von Räumen des alltäglichen Lebens dargestellt. Grundlage vieler Berechnungen ist die DIN EN 12354-6 [29] zur Bestimmung der Absorption und Nachhallzeit von Räumen. Hier wären weitere normative Vorgaben zu Methoden und Berechnungen im Hinblick auf die schnell fortschreitenden Simulationmöglichkeiten in der Raumakustik wünschenswert. Anforderungen an Räume werden aus Richtung des Arbeitsschutzes durch die ASR A3.7 [2] seit Mai 2018 gestellt. Weitergehende Vorgaben in Form von Anforderungen und Empfehlungen werden durch die anerkannte Regel der Technik in Form der DIN 18041 [8] beschrieben. Speziell für Büros ist die Richtlinie VDI 2569 [17] zu erwähnen. Neben den Messnormen der DIN EN ISO 3382-Reihe [28] [27][19] für Messungen in verschiedenen Raumarten ist mit DIN EN ISO 354 [30] als die zentrale Messnorm zur Ermittlung der Schallabsorption im Labor zu nennen. Hinweise zur Bewertung von Schallabsorbern sind durch die veraltete DIN EN ISO 11645 [39] wie die im Vergleich dazu brandneue ISO 20189 [35] gegeben.

Literatur

- [1] DIN 820-3:2014-06 Normungsarbeit – Teil 3: Begriffe. Berlin, Beuth-Verlag, Juni 2014.
- [2] Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.7 Lärm. Mai 2018.
- [3] Arbeitsstättenverordnung vom 12. August 2004 (BGBl. I S. 2.179), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 1 der Verordnung vom 18. Oktober 2017 (BGBl. I S. 3.584) geändert worden ist.
- [4] Arbeitsschutzgesetz vom 7. August 1996 (BGBl. I S. 1.246), das zuletzt durch Artikel 427 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1.474) geändert worden ist), August 2015.
- [5] Verwaltungsvorschrift der Technischen Baubestimmungen, kurz VVTB, Nds. Ministerialblatt 3/2019.
- [6] DIN 18040-1:2010-10 Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen – Teil 1: Öffentlich zugängliche Gebäude. Berlin, Beuth-Verlag, Oktober 2010.
- [7] Verwaltungsvorschrift der Technischen Baubestimmungen, kurz VVTB, Nds. Ministerialblatt 12/2016.
- [8] DIN 18041:2016-03 Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise zur Planung. Berlin, Beuth-Verlag, März 2016.
- [9] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hrsg.): Leitfaden Barrierefreies Bauen. Berlin, Selbstverlag, 12/2016.

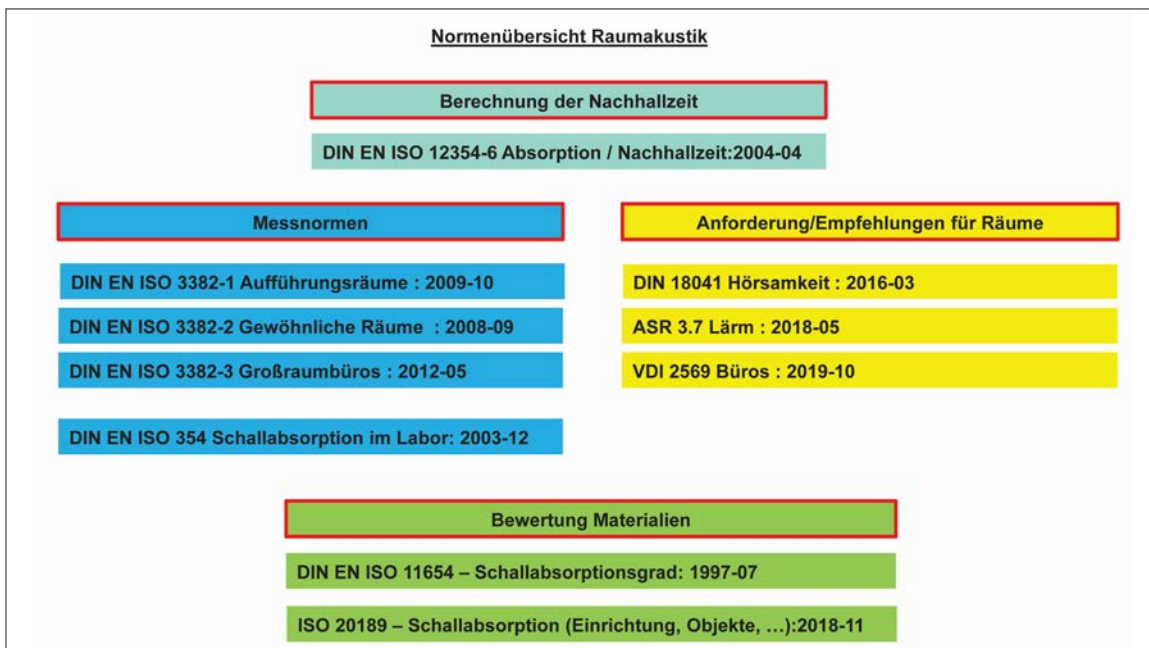


Abb. 6: Übersicht der maßgeblichen Regelwerke zur Raumakustik von Räumen des täglichen Lebens.

- [10] DIN 18041:1968-10 Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen. Berlin, Beuth-Verlag, Oktober 1968 [zurückgezogen].
- [11] DIN 18041:2004-05 Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen. Berlin, Beuth-Verlag, Mai 2004 [zurückgezogen].
- [12] Nocke, C. (Hrsg.); Kirchner, T.; Moll, A.; Neubauer, R. O.; Ruhe, C.: Hörsamkeit in Räumen – Kommentar zu DIN 18041. Berlin, Beuth-Verlag, 2018.
- [13] Fuchs, H.: DIN 18041:2016 – Eine Norm im raumakustischen „Abseits“. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 14 (2019) Nr. 4, S. 123–132.
- [14] DIN/DEGA: Gemeinsame Stellungnahme des DIN-Arbeitskreises zur Überarbeitung der DIN 18041 und des Fachausschusses Bau- und Raumakustik der Deutschen Gesellschaft für Akustik zur Thematik tiefer Frequenzen in der Akustik kleiner bis mittelgroßer Räume. Juni 2014. Abrufbar unter: https://www.dega-akustik.de/fileadmin/dega-akustik.de/fachausschuesse/bra/dokumente/din_dega_tiefefrequenzen.pdf
- [15] VDI 2569 (Entwurf 2016): Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro. Verein Deutscher Ingenieure; Februar 2016.
- [16] VDI 4100: Schallschutz im Hochbau; Wohnungen Beurteilung und Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz. Berlin; Beuth Verlag, Oktober 2012.
- [17] VDI 2569: Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro. Verein Deutscher Ingenieure, Oktober 2019 (erscheint in Kürze).
- [18] Meis, M.; Klink, K.: Schall- und Lärmwirkung:. Fachschrift Nr. 11, 2. Aufl., Wiesbaden. Industrie-
verband Büro und Arbeitswelt e. V. (IBA), 2016.
- [19] DIN EN ISO 3382-3:2012-05: Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik – Teil 3: Großraumbüros. Berlin, Beuth-Verlag, Mai 2012.
- [20] VDI 2058, Blatt 3: Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten. Verein Deutscher Ingenieure, August 2014.
- [21] Technische Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung – Teil: Allgemeines. Januar 2010.
- [22] Technische Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung – Teil 3: Lärmschutzmaßnahmen. Januar 2010.
- [23] DIN 15906:2009-06: Tagungsstätten. Berlin, Beuth-Verlag, Juni 2009.
- [24] DIN EN 60268-16:2012-05 Elektroakustische Geräte – Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex. IEC 60268-16:2011. Berlin, Beuth-Verlag, Mai 2012.
- [25] DIN 15996:2008-05 Bild- und Tonbearbeitung in Film-, Video- und Rundfunkbetrieben – Grundsätze und Festlegungen für den Arbeitsplatz. Berlin, Beuth-Verlag, Mai 2008.
- [26] DIN 67700:2017-05 Bau von Bibliotheken und Archiven – Anforderungen und Empfehlungen für die Planung. Berlin, Beuth-Verlag, Mai 2017.
- [27] DIN EN ISO 3382-2: 2008-09 Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik – Teil 2: Nachhallzeit in gewöhnlichen Räumen. Berlin, Beuth-Verlag, September 2008. (Achtung: DIN EN ISO 3382-2 Berichtigung 1, September 2009).



**Dr. Christian
Nocke**

Akustikbüro
Oldenburg /
Schall & Raum
Consulting GmbH

- [28] DIN EN ISO 3382-1:2009-10 Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik – Teil 1: Aufführungsräume. Berlin, Beuth-Verlag, Oktober 2009.
- [29] DIN EN 12354-6:2004-04 Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 6: Schallabsorption in Räumen. Berlin, Beuth-Verlag, April 2004.
- [30] DIN EN ISO 354:2003-12 Akustik – Messung der Schallabsorption in Hallräumen. Berlin, Beuth-Verlag, Dezember 2003 (aktuell in Überarbeitung).
- [31] Kuttruff, H.: Room Acoustics. Boca Raton: CRC Press, 6. Aufl., 2017.
- [32] Vorländer, M.: Auralization: Fundamentals of Acoustics, Modelling, Simulation, Algorithms and Acoustic Virtual Reality (RWTH edition). Berlin/Heidelberg, Springer, 2008.
- [33] Weinzierl, S. (Hrsg.): Handbuch der Audiotechnik. Berlin/Heidelberg, Springer, 2008.
- [34] DIN 45687:2006-05 Akustik – Software-Erzeugnisse zur Berechnung der Geräuschemission im Freien – Qualitätsanforderungen und Prüfbestimmungen. Berlin, Beuth-Verlag, Mai 2006.
- [35] ISO 20189:2018-11 Akustik – Stellwände und einzelne Objekte zur Verwendung in Innenräumen – Auslegung der Schallabsorption und Schalldämmung von Bauteilen aufgrund von Messungen im Prüfstand. November 2018.
- [36] Nocke, C.; Meyer, T.; Freese, N.; Eilers, I.: Schallabsorptionsgrad von Einzelobjekten. In: Fortschritte der Akustik – DAGA 2014, 40. Jahrestagung für Akustik, Oldenburg, S. 443.
- [37] Nocke, C.: Akustikmöbel – Modellierung zur Simulation. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 12(2017), Nr. 6, S. 199–202.
- [38] E DIN EN ISO 11654:2018-05 Akustik – Schallabsorber – Bewertung von Schallabsorptionsgraden (ISO/DIS 11654:2017). Berlin, Beuth-Verlag, Mai 2018. (zurückgezogen)
- [39] DIN EN ISO 11654:1997-07 Schallabsorber für die Anwendung in Gebäuden – Bewertung der Schallabsorption. Berlin, Beuth-Verlag, Juli 1997.
- [40] Entwurf DIN EN ISO 12999-2:2019-08 – Akustik – Bestimmung und Anwendung der Messunsicherheiten in der Bauakustik – Teil 2: Schalldämpfung (ISO/DIS 12999-2:2019). Berlin, Beuth-Verlag, August 2019.
- [41] Nocke, C.: Raumakustik im Alltag – Hören, Planen, Verstehen. (2. Auflage) IRB Fraunhofer, 2019. ■



NEU

JETZT AUCH ALS **NONIUS** VARIANTEN
UND MIT **LASTKLASSE VON 15KG**
(SYLOMER 15)

Akustik+
by getzner
sylomer®

**AMC AKUSTIK+ SYLOMER®
DIE SCHALLTECHNISCH
OPTIMALEN
UNTERDECKENABHÄNGER**

Verzerrungen: gerade oder ungerade?

Manfred Zollner

Verstärkerröhren wurden von Halbleitern weitgehend verdrängt – nur im Gitarrenverstärker, dem hier das besondere Interesse gilt, halten sie sich hartnäckig. Der Grund: Übersteuerte Röhrenverstärker klingen angenehmer als übersteuerte Transistorverstärker. Auch wenn das jetzt nicht für alle Vertreter ihrer Art gilt, bei nicht wenigen ist es so. Warum? Weil Röhren hauptsächlich geradzahlige Verzerrungen erzeugen, und die sind mit dem Original stärker verwandt als die vom Transistor produzierten ungeradzahligen Verzerrungen. Kronzeugen dieses Statements sind die Orgelbauer, die mit Oktavregistern strahlende Klänge erzeugen, und mit Aliquoten hohle. Netter Versuch, doch völlig daneben. Geradzahlige Verzerrungen sind etwas ganz anderes als geradzahlige Harmonische. Die über viele Jahrzehnte bemühten angeblich guten even-order harmonics werden bezüglich der Verzerrungen falsch interpretiert, sie erzeugen keinesfalls nur eng verwandte Verzerrungstöne.

Einleitung

Angeblich erzeugen Verstärkerröhren vorwiegend geradzahlige Verzerrungen, die „offen, singend, strahlend“ klingen, während ungeradzahlige Verzerrungen „gedeckt, hohl, weich“ klingen. Beim nicht-linearen Verzerren eines Sinustones von z. B. 1 kHz entstehen zusätzliche Töne bei ganzzahligen Vielfachen der Grundtonfrequenz [1]. Also bei 2, 3, 4, 5, 6, 7, ... kHz. Die bei 2, 4, 6, ... kHz entstehenden Verzerrungstöne werden geradzahlige Harmonische, die bei 3, 5, 7, ... kHz entstehenden entsprechend ungeradzahlige Harmonische genannt. Unter bestimmten Bedingungen können bei Röhren tatsächlich geradzahlige Verzerrungstöne überwiegen, und somit scheint ein Unterschied zum Transistorverstärker gefunden, bei dem (unter gewissen, jedoch anderen Bedingungen) die ungeradzahligen Verzerrungstöne überwiegen. Um den Klang dieser Verzerrungen nicht nur mathematisch, sondern auch verbal beschreiben zu können, wurde schon vor Jahrzehnten eine Anleihe beim Orgelbau gemacht. Ein fataler Fehler, der sich fortan durch die Verstärkerliteratur ziehen wird. Schon 1973 schreibt R. O. Hamm:

Harmonics: even-order or odd-order?

Solid-state devices have largely superseded amplifier tubes – it is only in the area of guitar amplifiers, which are of particular interest here, where the tube tenaciously persists. The reason is that overdriven tube amplifiers are said to sound more pleasant than overdriven transistor amplifiers. While that may not be the case for all representatives of their respective kind, for many amplifiers this assertion holds true. Why is that? Because tubes predominantly generate even-order harmonics – the latter are more closely related to the original signal than the odd-order harmonics generated by transistor amplifiers. Chief witnesses to this statement are organ builders; with their instruments, they generate brilliant sounds using octave stops, and hollow sounds using aliquots. Nice try, but still a total miss. “Even-order distortion” is something completely different than “even-order harmonics”. Called upon for many decades as allegedly “good”, even-order harmonics have been misinterpreted when it comes to distortion: by no means do they exclusively generate closely related distortion components.

„Perhaps the most knowledgeable authorities in this area are the craftsmen who build organs and musical instruments. Through many years of careful experimentation these artisans have determined how various harmonics relate to the coloration of an instrument's tonal quality.“ [2]. Das Fachwissen der Orgelbauer soll gar nicht in Frage gestellt werden – der Fehler war, es unkritisch auf Verstärker-Verzerrungen zu übertragen.

Die Schallerzeugung der Pfeifenorgel ist komplex: Da gibt es Zungenpfeifen, Lippenpfeifen, die eng oder weit oder offen oder geschlossen (gedackt) sein können, und beim Drücken der Taste einzeln oder in Kombination erklingen. *„Bei der Gedackten sind die geradzahligen Harmonischen weitgehend unterdrückt. Die Schwingungsform ähnelt daher einem Rechteck, und die Klangfarbe wird als typisch hohl empfunden.“* Das wusste R. Böhm schon 1966, und natürlich wussten es die Orgelbauer noch viel früher, denn die Orgelvorläufer kommen aus vorchristlicher Zeit. Dem Orgelton lassen sich gezielt Obertöne hinzufügen, z. B. die Oktave (4') und die Superoktave (2'), oder die Aliquoten (Register, die nicht in Oktavrelation ste-

hen). Die Obertonstruktur ist bekannt, der damit erzeugte Klang auch. Beim verzerrten Sinuston ist die Situation noch einfacher: Punktsymmetrische (ungerade) Übertragungskennlinien ergeben ungeradzahlige Verzerrungen, achsensymmetrische (gerade) Kennlinien ergeben geradzahlige Verzerrungen. Beim Gitarrenton beginnen die Probleme, denn er ist kein Sinuston.

Im Hörbeispiel V1 ist eine kleine Tonfolge zu hören: Zuerst aus reinen Sinustönen gespielt, dann unter Zusatz der 2. und 4. Harmonischen, und dann unter Zusatz der 3. und 5. Harmonischen (Phasenlage für Crestfaktor optimiert; $L_1 = 0$ dB, $L_2 = -1,2$ dB, $L_4 = -2,5$ dB; $L_3 = -2,5$ dB, $L_5 = -4$ dB.). Es könnte auch heißen: unverzerrt, geradzahlig verzerrt, ungeradzahlig verzerrt. Eindeutig: Zwischen gerad- und ungeradzahlig Verzerrungen bestehen große Klang-Unterschiede. Aus diesem kurzen Schallbeispiel ist die Entwicklung dieses epochalen Missverständnisses ersichtlich: Es werden Schalle durch additive Synthese (ähnlich wie bei Orgeln) verändert, und die hierbei gefundenen Klangattribute auf nichtlineare Verzerrungsmechanismen übertragen. Z.B.: „The 2nd and 4th harmonics are two and four times the fundamental frequency respectively, or one or two octaves higher. They are therefore musically related to the original sound and tend to make it fuller and richer. Odd harmonics (and high-orders in general) are often not musically related to the fundamental and so are dissonant“ [3]. Oder etwa Aspen Pittman: „When the transistor amp clips, it produces more odd-order harmonics (and in its worst case can sound hollow and dry), whereas tube distortion produces even-order harmonics. Tube distortion generally sounds warmer“ [4].

Und auch im Internet wird man hierzu fündig. Da schreibt etwa ein begeisterter Musiker, den besten Artikel über Röhrenverzerrungen habe er bei Jack Endino gefunden. Und, ja, da wird die harmonische Obertonstruktur sauber erklärt, und ein Fazit lautet: „So what do we have? Even harmonic (tube) distortion as stacked octaves, odd harmonic (tape) distortion as a chord“. In dem Artikel geht es um Röhren- und Tonbandverzerrungen; die einen produzieren hauptsächlich die 2. und 4. Harmonische (stacked octaves), die anderen die 3. und 5. Harmonische (Quinte und Durterz, also

a chord) [5]. In der englischsprachlichen Literatur findet sich auch noch eine weitere Begründung: odd heißt z. B. ‚wenig gefragt‘, ‚seltsam‘, während even mit z. B. ‚ausgeglichen‘, ‚regelmäßig‘ übersetzt wird. Verwundert es da noch, dass die even-order harmonics besser klingen als die odd-order harmonics?

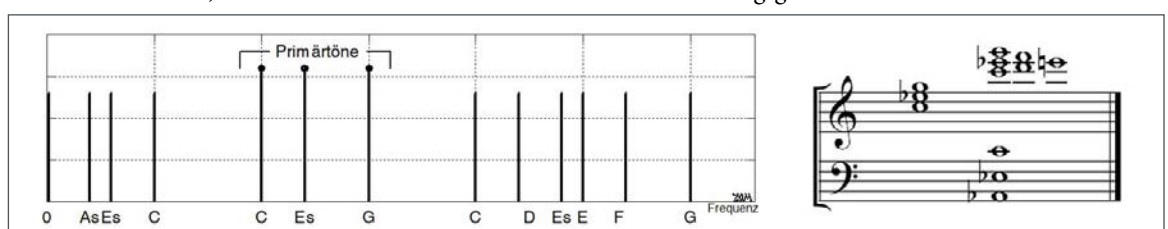
Geradzahlige Verzerrungen

Die klassische Argumentation ist so einfach wie falsch: Bei geradzahlig Verzerrungen entstehen Verzerrungstöne, die mit dem Primärtönen nah verwandt sind. Also: eine rein quadratische Verzerrung erzeugt einen Verzerrungston eine Oktave über dem Primärtönen. Das wäre in der Tat eine sehr nahe Tonverwandtschaft, doch die gilt nur für die Verzerrung einzelner Sinustöne. Jetzt nehmen wir als Beispiel einen aus drei Sinustönen aufgebauten Molldreiklang, und erzeugen damit eine rein quadratische Verzerrung. Seine drei Frequenzen f_1, f_2 und f_3 stehen (bei reiner Stimmung) im Verhältnis 1 : 1,2 : 1,5, die drei Primärtöne seien C – Es – G. Verzerrungstöne entstehen bei $2f_1, 2f_2, 2f_3$, das sind die Oktaven zu den Primärtönen. Bei $f_2 - f_1, f_3 - f_1, f_3 - f_2$, das sind die Differenztöne. Und dann gibt es noch die Summentöne bei $f_2 + f_1, f_3 + f_1, f_3 + f_2$ (Erklärung weiter unten!). Bezüglich des Akkord-Grundtons (C) liegen die Differenzfrequenzen beim 0,2-, 0,3- und 0,5-fachen; das entspricht einem tiefen As, Es, C. C und Es sind mit dem Akkord nah verwandt, das As ist sehr dissonant. Die Frequenzen der Summentöne liegen beim 2,2-, 2,5- und 2,7-fachen. Der mittlere Wert (2,5) ergibt eine Durterz*, also ein E, 2,7-fach ist eine Quart* (F), und 2,2-fach liegt zwischen einem Halb- und einem Ganzton* (* = um eine Oktave höher). Das alles soll mit einem Mollakkord nah verwandt sein? Sicher nicht!

Die Mathematik hinter diesem „Phänomen“ ist relativ simpel: Das Quadrat einer Summe ist nicht gleich der Summe der Quadrate. Oder als Formel: $(x + y)^2 \neq x^2 + y^2$. Vielmehr muss das ‚doppelte Produkt‘ hinzugefügt werden: $(x + y)^2 = x^2 + 2xy + y^2$. Mit $x = \sin(\omega_1 t)$, $y = \sin(\omega_2 t)$ wird schnell erkennbar, dass das doppelte Produkt für unharmonische Summen- und Differenztöne sorgt:

$$2 \sin(\omega_1 t) \cdot \sin(\omega_2 t) = \cos[(\omega_1 - \omega_2)t] - \cos[(\omega_1 + \omega_2)t].$$

Abb. 1: Spektrum und Notenbild der quadratischen Verzerrung des C-Moll-Dreiklangs. Die 3 Differenztöne sind im Bassschlüssel notiert, Oktaven und Summentöne sind im Violschlüssel angegeben.



In Abbildung 1 ist links das Verzerrungsspektrum dargestellt, zur Vereinfachung mit identischer Linienhöhe. Bei nicht allzu starker Verzerrung wären die über den Primärtönen liegenden (höherfrequenten) Verzerrungen aufgrund von Verdeckungseffekten nicht hörbar [1, 6]. Die drei tieffrequenten Töne haben zum C-Moll-Dreiklang einen so großen Frequenzabstand, dass sie als zusätzlicher Dreiklang wahrgenommen werden können. Als As-Dur-Dreiklang! Werden die hochfrequenten Anteile so stark angehoben, dass sie hörbar werden, stellen auch sie keine nahe Verwandtschaft zu C-Moll dar, sondern bilden eine dissonante Ansammlung von Tönen.

V2 bietet ein Hörbeispiel zum verzerrten Moll-Akkord. Zunächst für 400 Hz Grundfrequenz, dann für 600 Hz. Das Beispiel sollte mit einem hochwertigen Kopfhörer abgehört werden, nicht mit einem Miniatur-Computermonitor. Und nicht zu laut, um die im Gehör produzierten Nichtlinearitäten in Grenzen zu halten. Der Moll-Akkord klingt etwas ungewohnt, weil nur aus drei Sinustönen aufgebaut. Bei der danach folgenden Verzerrung, die rein quadratischer Natur ist (also musically related), entsteht, wie schon erwähnt, im Bass ein zusätzlicher Dur-Dreiklang. Mit etwas Harmonielehre-Grundkenntnissen findet man tatsächlich eine Verwandtschaft: Einen Maj7-Akkord! In Abbildung 1 ist es mit As-Es-C-C-Es-G ein $A_{S^{maj7}}$ – diese Relation hatten Endino und Kollegen aber nicht im Sinn, die dachten an die über dem Primärakkord liegenden Oktaven. Die es schon gibt, aber eben verdeckt. Um sie zu Gehör zu bringen, wurden in V3 die drei tieffrequenten Verzerrungstöne entfernt und die sechs hochfrequenten verstärkt. Ein großer Unterschied zu V1, und leicht erklärlich: es kommen eben nicht nur Oktaven hinzu.

Ungeradzahlige Verzerrungen

Zunächst nur als rein kubische Verzerrung stellt Abbildung 2 das Verzerrungsspektrum eines Moll-Dreiklangs dar. Ein Notenbild ist da nicht mehr sinnvoll. Die vielen sehr „leiterfremden“ Töne können nicht

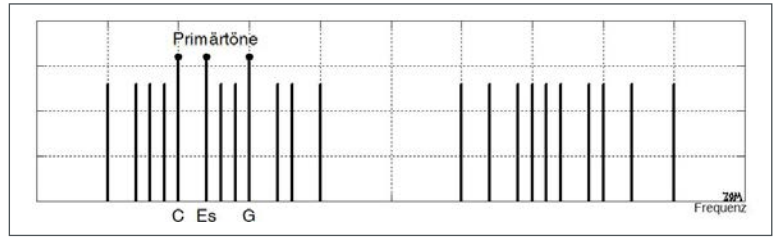


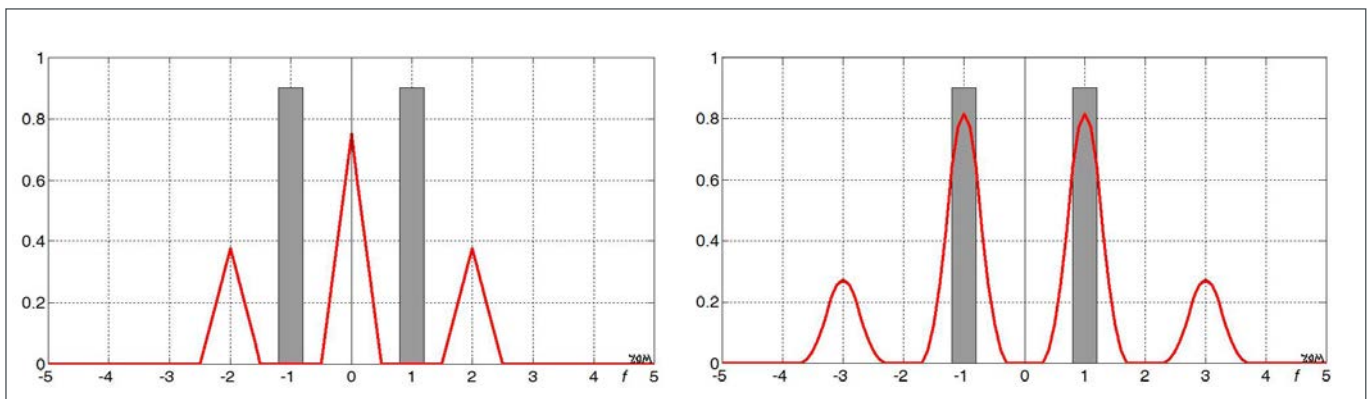
Abb. 2: Rein kubische Verzerrung

mehr als Akkord spezifiziert werden. Die Amplituden der Verzerrungstöne hängen von den Primärtonamplituden ab, im Bild sind alle Verzerrungslinien vereinfachend gleich lang dargestellt.

V4 bietet den Vergleich zwischen den beiden Verzerrungsarten. Zuerst ist der aus Sinustönen aufgebaute Moll-Akkord unverzerrt zu hören; danach wird dieser quadratisch verzerrt, danach kubisch. Der Hauptunterschied kommt von den Differenztönen, die bei quadratischen Verzerrungen tiefer klingen.

Der mathematische Algorithmus zur Beschreibung der Verzerrungsspektren ist die Faltung (engl. Convolution). Wenn eine Zeitfunktion $x(t)$ quadriert, also mit sich selbst multipliziert wird, so ist die dazu korrespondierende Operation die Faltung des Spektrums $X(j\omega)$ mit sich selbst; des zweiseitigen, komplexen Spektrums. In Abbildung 3 ist das zweiseitige Spektrum einer Tongruppe (hier: mehrere Sinustöne, deren Frequenzen innerhalb des grau markierten Bereichs liegen) grau eingezeichnet, die Verzerrungshüllkurve rot. Bei den quadratischen Verzerrungen sind die Formen sehr einfach: Aus den Rechtecken werden doppelt so breite Dreiecke, im Bereich um 0 Hz und um die doppelte Frequenz. Für kubische Verzerrungen muss das Spektrum der quadratischen Verzerrungen nochmals mit dem Signalspektrum gefaltet werden (weil $x^3 = x^2 * x$). Damit entfallen die Bereiche um 0 Hz und um die doppelte Signalfrequenz; sie werden ersetzt durch Verzerrungen im Bereich der Signalfrequenz (Tongruppe) und der dreifachen Signalfrequenz. Das ist ein Schlüssel für das Verständnis.

Abb. 3: Quadratische Verzerrung (links) und kubische Verzerrung (rechts) einer Tongruppe (grau).



Verzerrungen bei Gitarren

Natürlich sind Gitarrentöne weder Sinustöne, noch aus Sinustönen aufgebaute Moll-Akkorde. Die Klangvielfalt ist groß, Klassifizierung unumgänglich. Es ist sinnvoll, einsaitiges Spiel von mehrsaitigem zu trennen, und es könnte auch noch breitbandiger Klang von nicht ganz so breitbandigem Klang getrennt werden. Sehr informativ ist der harmonische Grundton, also der größte gemeinsame Teiler (ggT: die größte Zahl, zu der die betrachteten Zahlen ganzzahlige Vielfache sind; als Beispiel: $1,0 = 10 \cdot 0,1$, $1,2 = 12 \cdot 0,1$, $1,5 = 15 \cdot 0,1$; $0,1 = \text{ggT}$ der Zahlen $1,0$, $1,2$, $1,5$.) aller Teiltöne. Das ist nicht zwingend der tiefste Primärton! Für den untersuchten Mollakkord mit den relativen Frequenzen $1,0$, $1,2$ und $1,5$ ist der $\text{ggT} = 0,1$, und genau dieser Abstand wäre sowohl in Abbildung 1 als auch in Abbildung 2 als kleinster Linienabstand zu finden. Die Verzerrungslinien entstehen bei ganzzahligen Vielfachen des ggT mit Amplituden, die auch null sein dürfen. Bei Verzerrungen niedriger Ordnung werden viele dieser ggT-Vielfachen so gut wie null sein, mit zunehmender Ordnung nimmt die Anzahl der hörbaren Verzerrungstöne rapide zu. Das ist schon beim Vergleich quadratisch / kubisch (Abb. 1 / Abb. 2) zu sehen und gilt erst recht für höhere Ordnungen.

Bei einem streng harmonischen Ton (dessen Teiltonfrequenzen ganzzahlig vielfach zum Grundton sind) ist der ggT der Grundton, Verzerrungsfrequenzen und Teiltonfrequenzen sind identisch (Anm.: Einzelne Amplituden können auch null sein.).

Beim inharmonisch gespreizten Spektrum tendiert der ggT gegen null, es entstehen sehr nahe beisammen liegende Verzerrungslinien, die einen schwebenden, rauschenden, kreischenden oder prasselnden Ton erzeugen. Die von einer E-Gitarre produzierten Töne sind nur bei idealisierter Betrachtung harmonisch – in der Realität sind sie inharmonisch.

Quadratische und kubische Verzerrungen

Im Hörbeispiel V5 wurde wieder ein Moll-Akkord verzerrt, doch nun enthält jeder der drei primären Akkordtöne (C, Es, G) zwei zusätzliche Obertöne: die Oktave, und die darüber liegende Quinte (Duo-dezime). Im File erklingt der Moll-Akkord zuerst unverzerrt, dann quadratisch verzerrt, danach kubisch verzerrt. Außerdem handelt es sich jetzt nicht mehr um einen rein gestimmten Akkord, sondern um einen gleichschwebend temperierten. Damit treffen an

einigen Frequenzstellen zwei sehr eng benachbarte Töne aufeinander, was zu hörbaren Schwebungen führt. Der Klangeindruck? Nun ja – irgendwie verzerrt. Und sicher nicht mit „strahlend“ vs. „hohl“ beschreibbar.

In V5 hat die quadratische Verzerrung mehr Bassfundament, wie bei Abb. 3 erläutert. Der kubischen Verzerrung fehlt dieses Fundament, sie klingt mittiger, und etwas rauer. Ist das der zweite Schlüssel: ungeradzahlige Verzerrungen produzieren mehr Rauigkeit? Nein, so einfach ist es nicht. V6 entspricht V5, mit dem Unterschied, dass am Ende ein biquadratisch (Eine biquadratische Verzerrung ist eine Verzerrung 4. Ordnung) verzerrter Molldreiklang angehängt wurde. Und auch der klingt rau. Wir müssen uns von der Vorstellung verabschieden, Röhren würden geradzahlige (gute) Verzerrungen produzieren und Transistoren ungeradzahlige, schlechte. Auch wenn das im Einzelfall durchaus mal so sein mag, als generelle Theorie taugt dieses Statement nicht. Dass es Röhrenschaltungen gibt, deren Verzerrungen besser klingen als die von Transistorschaltungen, ist unbestritten – die Ursache sind aber nicht die geradzahigen Obertöne.

Ein einfaches Beispiel zeigt, was passiert, wenn quadratisch verzerrende Systeme hintereinander geschaltet werden (Abb. 4). Es könnte beim quadratischen Glied noch einen Faktor eingeführt werden, aber das würde nichts an der grundsätzlichen Aussage ändern. Beim ersten System gilt: $y = x + x^2$, beim zweiten: $z = y + y^2$. Eingesetzt folgt daraus: $z = x + 2x^2 + 2x^3 + x^4$. Ein interessantes Ergebnis: Obwohl beide Systeme nur quadratisch verzerrten, enthält das Gesamtsystem auch kubische Verzerrungen. Wäre die Übertragung des zweiten Systems $z = y - y^2$, fielen sogar die quadratischen Verzerrungen ganz weg: $z = x - 2x^3 - x^4$. Die Konsequenz: Auch wenn ein Verstärker nur quadratisch verzerrende Röhren enthielte, er würde trotzdem kubische (d.h. ungeradzahlige) Verzerrungen produzieren.

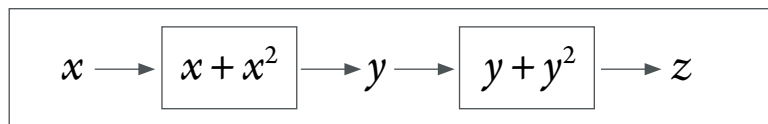
Es stimmt folglich nicht, dass:

- Röhrenverstärker vor allem geradzahlige Verzerrungen produzieren, und dass
- geradzahlige Verzerrungen strahlend, offen und singend klingen.

Röhrenverstärker und ihre Verzerrungen

Für den Verzerrungsklang ist es wichtig, mit welchem Pegel die einzelnen Ordnungen erzeugt werden, und deshalb sind auch die linearen Filterungen wichtig, die in den und zwischen den Stufen wirken. Operationsverstärker können sehr breitbandig arbeiten, und durch ihr scharfes Clipping auch Verzerrungen sehr hoher Ordnung erzeugen; Röhrenstufen, insbe-

Abb. 4: Kettenschaltung zweier quadratisch verzerrender Systeme.



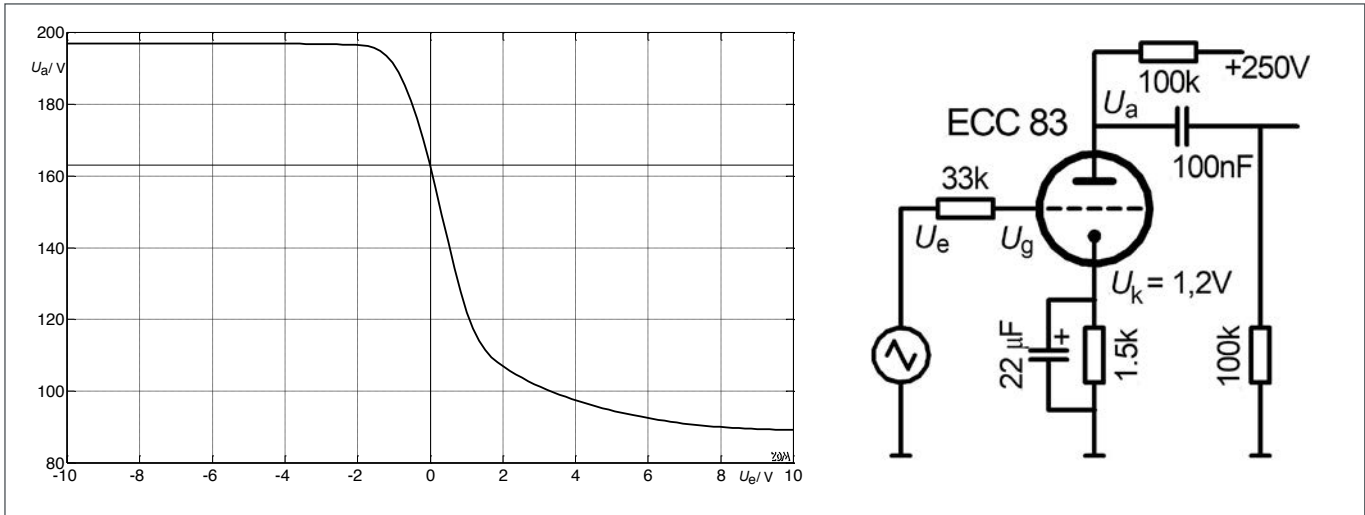


Abb. 5: Anodenspannung vs. Eingangsspannung ; rechts die zugehörige Schaltung.

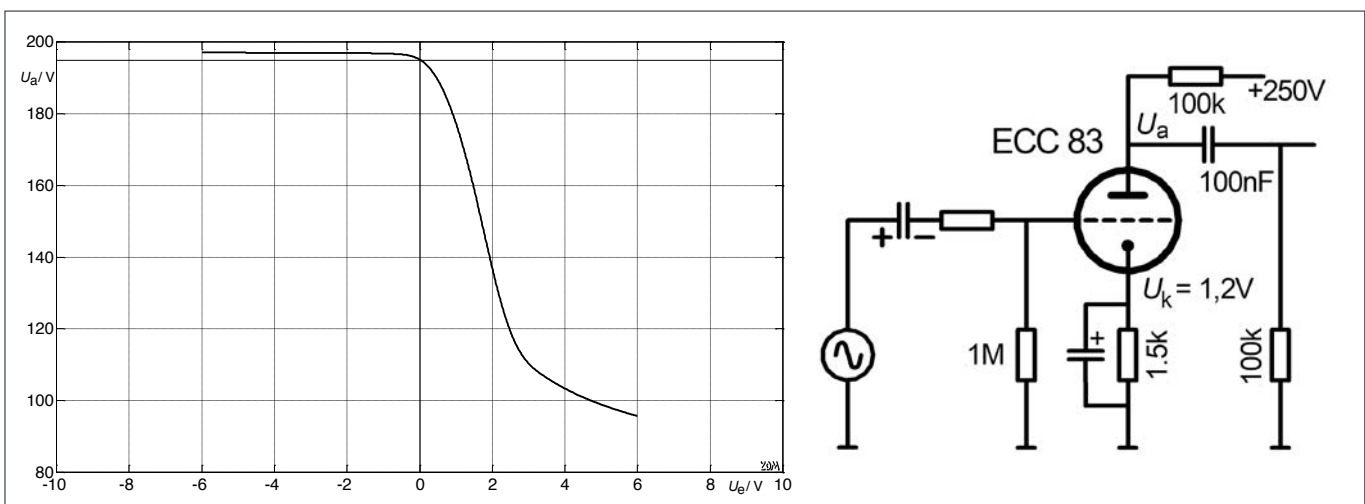
sondere wenn hochohmig angesteuert, begrenzen manchmal schon auf wenige kHz Bandbreite (Miller-Effekt), und ihre Signalbegrenzung erfolgt mit einer eher abgerundeten Charakteristik. Zwischen einem übersteuerten Röhrenverstärker und einem übersteuerten OP-Amp-Verstärker können deshalb sehr wohl erhebliche Klangunterschiede bestehen ... die aber nicht einfach mit „gerade/ungerade“ erklärbar sind. Arbeitspunktverschiebungen und die relativ hochohmige Lautsprecheransteuerung können weitere klangformende Charakteristika sein.

Eine nicht zu unterschätzende Besonderheit der Verstärkerröhre ist ihr Gitterstrom. Wenn sich (bei positiver Ansteuerung) die üblicherweise negative Gitter-Kathode-Spannung dem Wert null nähert, beginnt ein wesentlicher Gitterstrom zu fließen. Eine Konsequenz daraus ist der nichtlineare Gitterspannungs-Teiler (Gitter-Vorwiderstand vs. Röhren-Eingangswiderstand), der aber nur bei typischen Röhrenschaltungen seine Wirkung entwickelt – nicht

bei Betrieb am niederohmigen Laborgenerator. Eine weitere Konsequenz sind Potentialverschiebungen an den Koppel-Kondensatoren. Der bei starker Aussteuerung einsetzende Gitterstrom fließt nur in eine Richtung: in die Röhre hinein (technische Stromrichtung). Dies verändert die Polarisation des eingangsseitigen Koppel-Cs in der Weise, dass sein gitterseitiges Potential sinkt – das Gitter wird (im Mittel) negativer, die Steuerspannung wird von der gitterseitigen Begrenzung „weggedrückt“, die Eingangsverzerrung verringert.

In Abbildung 5 ist im linken Bild die Übertragung vom Eingang zur Anode dargestellt (die Eingangsspannung ist auf Masse bezogen, nicht auf die Kathode). Bei diesem Bild ist nur ein ausgangsseitiger Koppel-C vorhanden, kein eingangsseitiger. Wird dieser hinzugenommen, wie in Abbildung 6 dargestellt, ändert sich für kleine Aussteuerungen nichts. Bei größerer Aussteuerung verschiebt sich das mittlere Gitterpotential, der Arbeitspunkt wandert an

Abb. 6: wie Abb. 5, aber zusätzlich mit eingangsseitigem Koppel-C. Bei Übersteuerung der Röhre wird der Eingangs-Koppel-C in der angegebenen Weise polarisiert.



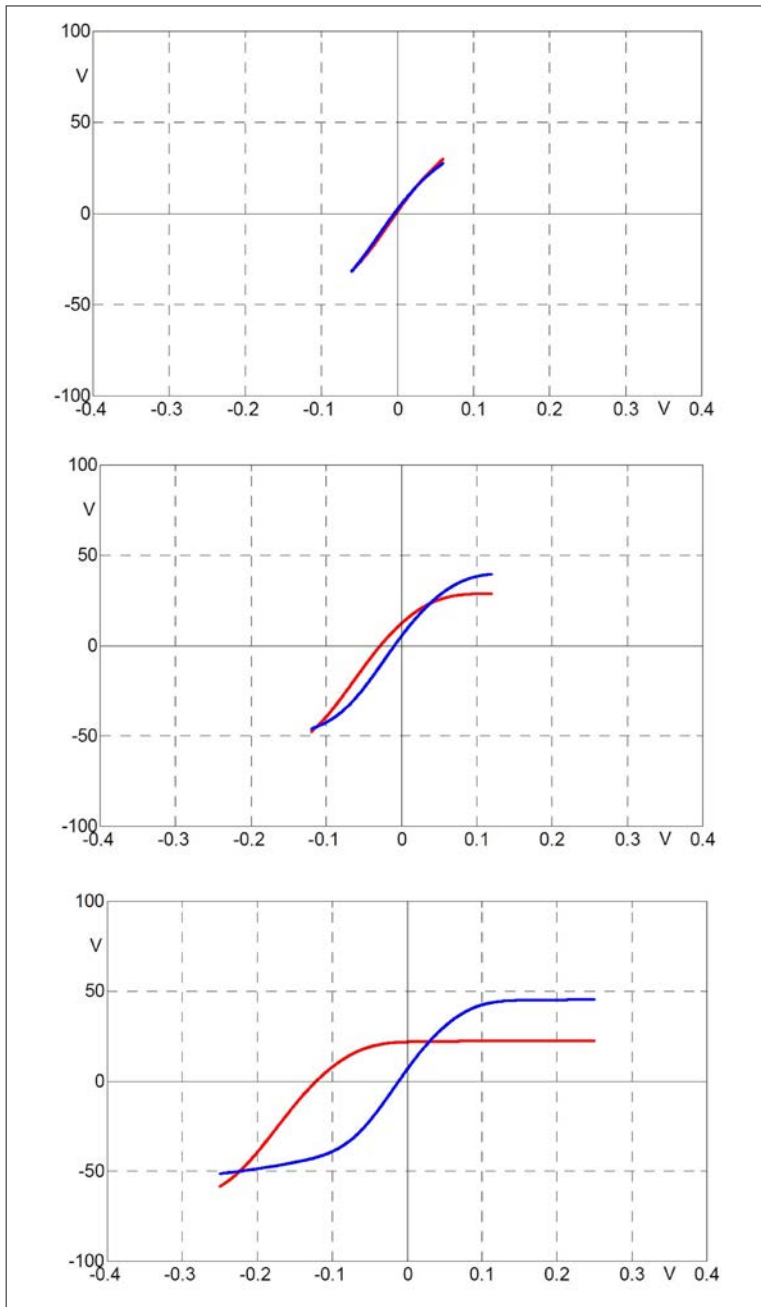


Abb. 7: Übertragungskennlinie einer Röhrenschaltung bei steigender Aussteuerung und unterschiedlicher Beschaltung: ohne Koppel-C (blau), mit (rot). (Anm.: Invertierende Kathoden-Schaltung).

das obere Ende der Übertragungskennlinie, die Begrenzung (das Clipping) wird unsymmetrisch.

Zu unsymmetrischen Verzerrungen gehören tatsächlich geradzahlige Harmonische, die aber nur bei mäßiger Übersteuerung eine Rolle spielen. Bei geringer Übersteuerung sind sie unhörbar, bei starker Übersteuerung, wenn das Signal beidseitig begrenzt wird, dominieren wieder die ungeradzahligen Verzerrungen. Welche Verzerrungen entstehen hängt somit von der verwendeten Röhre ab, aber eben auch von deren Beschaltung. Ob die Ansteuerung hoch- oder niederohmig und mit oder ohne Koppel-C erfolgt, macht einen großen Unterschied (siehe Abb. 7).



Prof. Dr. Manfred Zollner
GITEC e. V.

Bei mehreren Röhren in Kette – und das ist beim typischen Gitarrenverstärker die Regel – überlagern sich die nichtlinearen Effekte. Und weil (bei Kathodenschaltung) die Röhre invertiert, wirkt sich die Arbeitspunktverschiebung auf beide Halbwellen des Signals aus. Nicht in identischer Weise, aber prinzipiell.

Zum Abschluss sei noch kurz erwähnt, dass der aussteuerungsabhängige Röhren-Eingangswiderstand auch Auswirkungen auf die untere Grenzfrequenz der kapazitiven Ankopplung hat. Üblicherweise wird die Hochpass-Grenzfrequenz mit dem Gitter-Ableitwiderstand (z. B. 1 M Ω) berechnet. Das stimmt für kleine Aussteuerungen. Bei Übersteuerung wird der Röhren-Eingangswiderstand aber partiell niederohmig, die Hochpass-Grenzfrequenz steigt auf höhere Werte an. Mit exakter Systemtheorie wird es noch komplizierter: Nichtlineare Systeme haben nämlich weder Übertragungsfunktionen, noch Grenzfrequenzen; da wären dann nichtlineare Differentialgleichungen erforderlich.

Fazit

Die aus der additiven Klangsynthese gewonnenen Erkenntnisse über das Hinzufügen gerad- oder ungeradzahliger Obertöne dürfen nicht generell auf die Klangformung nichtlinear verzerrender Systeme übertragen werden. Es trifft nicht generell zu, dass geradzahlige Verzerrungen angenehmer klingen als ungeradzahlige.

Literatur

- [1] Zollner, M.: Die Physik der Elektrogitarre, 2014. <http://www.gitec-forum.de>
- [2] Hamm, R.: Tubes Versus Transistors – Is There an Audible Difference. Journal of AES, 21, Issue 4, pp. 267–273, 1973.
- [3] Blencowe, M.: Designing Valve Preamps for Guitar and Bass. WEM Publishing, 2012.
- [4] <http://www.Endino.com>
- [5] Böhm, R.: Elektronische Orgeln und ihr Selbstbau. Franzis, 1966.
- [6] Fastl, H.; Zwicker, E.: Psychoacoustics. Springer, 2007.

Hörbeispiele V1 bis V6 herunterladen unter:
<https://www.dega-akustik.de/publikationen/akustik-journal/>. ■



01dB

ACOEM Group



Schall- und Schwingungsmesstechnik

Anwendungsgebiete:

- Arbeitsplatzmessungen
- Bauakustik und Raumakustik
- Schallimmissionsschutz
- Schwingungsmessung

01dB.com

Wir sind in Ihrer Nähe – ACOEM Deutschland ist nur einen Telefonanruf entfernt...

ACOEM GmbH Tel. 0811-899498-25 vertrieb@acoem.com

Akustik-Weiterbildung berufsbe- gleitend und online

Matthias Brodbeck, Philip Leistner

Die so genannte „Halbwertszeit des Wissens“ gilt natürlich auch für die Akustik. Zugleich ändern und erweitern sich sowohl das verfügbare als auch das erforderliche Akustikwissen für die berufliche Praxis in vielen Bereichen. Um darauf mit Aktualisierung und lebenslangem Lernen reagieren zu können, bedarf es einer Palette geeigneter Weiterbildungsangebote. Sie sollten aber berufsbe-
gleitend sowie nahezu orts- und zeitunabhängig möglich sein. In diesem Sinne stellt der Beitrag die Konzeption und Ausgestaltung eines Online-Masterstudienganges vor, den MASTER:ONLINE Akustik. Dazu werden die fachliche Struktur und der didaktische Ansatz einer hybriden Lernform mit Online- und Präsenzanteilen zur akademischen Wissens- und Kompetenzvermittlung beschrieben.

Einleitung

Die so genannte „Halbwertszeit des Wissens“ gilt heute als Erkenntnis und Begründung für lebenslanges Lernen (Abbildung 1). Die Aktualisierung des Wissens erfordert einerseits Eigeninitiative der Betroffenen und andererseits eine Palette geeigneter Angebote zwischen klassischem Studium und zahlreichen Kurzlehrgängen zu einzelnen Aspekten. Die Vergänglichkeit sicher geglaubten Wissens lässt sich auch in der Akustik an einigen Entwicklungen sehr gut nachvollziehen. Die Fortschritte bei Simu-

Acoustic further education extra- occupational and online

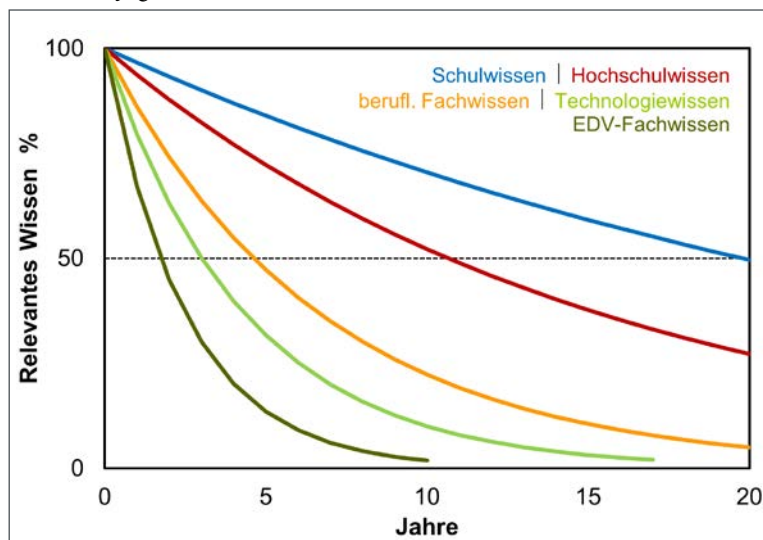
The so-called “half-life of knowledge” also applies to acoustics. Moreover, both the available and the required acoustic knowledge for professional practice is changing and expanding in many areas. Reacting to this with updating and lifelong learning requires a range of suitable possibilities for further education. However, they should be possible on a part-time basis and almost anywhere and at any time. Therefore, this article presents the concept and design of an online master course at the University of Stuttgart, the MASTER:ONLINE Acoustics. The article describes the technical structure and the didactic approach of blended learning with online and attendance components for academic knowledge and competence transfer.

lationsmethoden und in der Messtechnik, aber auch bei Regelwerken und technologischen Gestaltungsmöglichkeiten sind Beispiele dafür.

Die nahezu tägliche und allgegenwärtige Berührung mit akustischer Qualität reicht vom Sound Design bei immer mehr Produkten, über die Akustik in Wohn-, Arbeits- und anderen Lebensräumen bis hin zum urbanen Umfeld. Die Fahrzeugakustik erhält gerade aktuell neue Impulse durch multimodale elektrifizierte Mobilität. Bei der Maschinenakustik sind Digitalisierung und „Industrie 4.0“ Entwicklungen, die auch mit auditiven Effekten verbunden sind. Und die rasanten Fortschritte in der Kommunikationstechnik verändern die Hör- und sogar Lebensgewohnheiten. Diese beispielhafte Aufzählung lässt sich beliebig fortsetzen. Sie führt aber auch zu einer Änderung des beruflichen Umgangs mit Akustik, ob in den Bereichen Forschung und Entwicklung, Prüfung und Überwachung oder bei Planung und Beratung. Die stärkere Berücksichtigung der Wahrnehmung und vor allem der Wirkung von Schall (siehe Abbildung 2) ist ein Trend, der Wissen über das technische Verständnis hinaus erfordert. Die steigende Nachfrage erscheint also offenkundig, das Angebot hingegen nicht.

Die universitäre Ausbildung im Fach Akustik wurde bislang nicht unmittelbar in einem Studiengang vereinigt, sondern findet sich im Rahmen zahlreicher Studienrichtungen, oft mit nicht allzu hohem Stellenwert wieder. Selbst in grundständigen Präsenzstu-

Abb. 1: Verfügbarkeit bzw. „Halbwertszeit des Wissens“ nach [1].



diengängen an Hochschulen mit einer traditionellen, anerkannten Akustik-Expertise besteht meist keine Möglichkeit, das Fachgebiet eigenständig zu vertiefen. Dafür gibt es sicher Gründe, wie z.B. die Fakultätszugehörigkeit mit einer jeweiligen Priorität der fachlichen Ausrichtung. Trotz einzelner Vertiefungsmöglichkeiten bescheinigten daher bereits im Jahr 2008 Institutionen und Unternehmen, wie etwa die DEGA, BOSCH, LUFTHANSA und viele andere Unternehmen, den Bedarf an einem weiterbildenden Akustik-Studiengang und unterstützten den Aufbau.

Mit dieser Motivation und Intention wurde der MASTER:ONLINE Akustik entwickelt und umgesetzt. Initiiert und koordiniert vom Institut für Akustik und Bauphysik IABP bündelten dafür Institute der Universität Stuttgart sowie wissenschaftliche Kooperationspartner ihre akustische Kompetenz, um gemeinsam die Interdisziplinarität des Weiterbildungsstudiengangs realisieren zu können. Da der Aufwand für die Studierenden keineswegs zu unterschätzen ist, stand bei der Anlage des Curriculums eine passende und zeitgemäße Gestaltung im Vordergrund.

Konzeption und Ziel eines berufsbegleitenden Akustik-Studiengangs

Die Studieninhalte sind natürlich von zentraler Bedeutung für die Konzeption eines Studiengangs. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist aber auch die so genannte Outcome-Orientierung, bei der die Kompetenzen der Absolventinnen und Absolventen im Mittelpunkt stehen. Daher wurden im Vorfeld z.B. anhand von Stellenanzeigen [2] und anderen Recherchen die Erwartungen an die Arbeits- und Bewerberprofile analysiert. Die Ergebnisse dienten dem Vergleich zwischen Anforderungen und konzipiertem Studienangebot. Zudem spezifizierte eine Zielgruppenanalyse [3] das Interesse und den Bedarf an akustischer Weiterbildung. Somit konnte ein Curriculum entworfen werden, das die Erwartungen der befragten Zielgruppe an Themen größtenteils abbildet. Auch die vorgesehene Mischung aus Präsenz- und Onlinelehre wurde begrüßt, da sie sich in die zeitliche Lebens- und Arbeitsrealität einfügen lässt. Das Ziel des Studiengangs ist eine ganzheitliche akustische Qualifikation auf hohem Niveau. Durch den erfolgreichen Abschluss des weiterbildenden Masterstudiengangs besitzen die Absolventinnen und Absolventen vertieftes fachliches Wissen und beherrschen die komplexen Zusammenhänge und Wechselwirkungen im Fachgebiet der Akustik. Sie besitzen die Fähigkeit, selbstständig wissenschaftliche Methoden und Erkenntnisse bei der Lösung komplexer akustischer Probleme und Fragestellungen anzuwenden. Außerdem erlangen sie die Fähigkeit, in Alternativen zur Lösung fachspezifischer

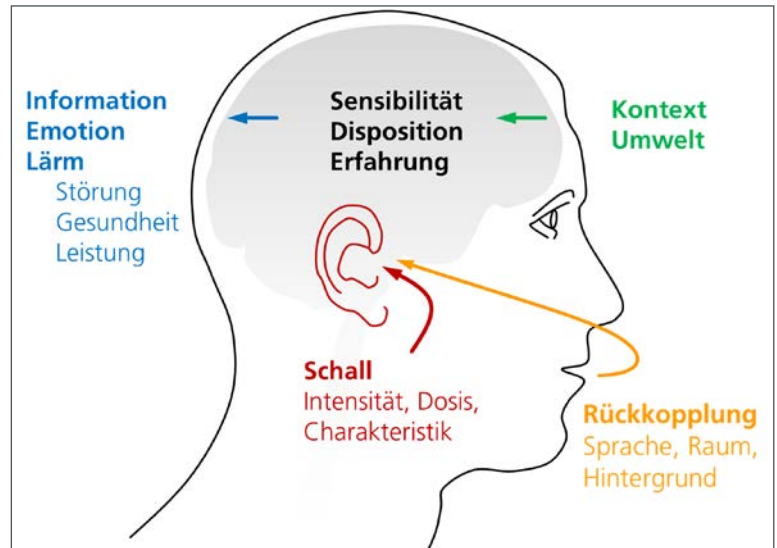


Abb. 2: Schematische Darstellung von für die Schallwirkung relevanten Einflussfaktoren.

Probleme zu denken und Lösungsansätze außerhalb bekannter Verfahren zu finden. Darüber hinaus erwerben sie die Kompetenz, Lösungen unter Berücksichtigung widerstreitender Faktoren unter Einbeziehung verschiedener Interessen zu finden. Die Absolventinnen und Absolventen schließen das Studium mit dem einmaligen akademischen Grad „Master of Acoustics“ (M.Ac.) ab und erlangen damit auch die Promotionsberechtigung.

Studienplan

Im Studium wird integrales Wissen auf dem Gebiet der Akustik vermittelt. Studierende lernen komplexe akustische Zusammenhänge und deren Wechselwirkungen kennen. Sie können akustische Maßnahmen beurteilen sowie Lösungen für akustische Fragestellungen erarbeiten. Zudem erhalten sie Einblicke in die praktische Akustik-Forschung und in innovative, wegweisende Technologien. Um den Bedürfnissen einer zeitgemäßen Weiterbildung gerecht zu werden, setzt der Studiengang gezielt neue Techniken und innovative Lehr- und Lernmethoden ein. Die orts- und zeitunabhängigen Möglichkeiten der internetbasierten Weiterbildung sind dafür von zentraler Bedeutung. Sie bieten zweifellos noch viel Spielraum, der gemeinsam mit den Studierenden mehr und mehr ausgeschöpft wird.

Der Ausprägung oder Festigung des akustischen Fundaments dienen die technische Akustik zusammen mit der technischen Schwingungslehre, die durch die experimentelle Modalanalyse ergänzt wird. Das Wissen zu akustischen Beurteilungsmethoden wird in den Lehrveranstaltungen akustische Messmethoden sowie Psychoakustik, theoretisch und praktisch in Form von Laborübungen (siehe Abbildung 3) in Kombination mit einer Projektarbeit vermittelt.



Abb. 3: Laborübungen am Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der Analyse der Akustik von Räumen und Körpern. Er umfasst die Bau- und Raumakustik sowie eine vertiefte Behandlung im Bereich Körperschall. Im Themengebiet der numerischen Akustik werden numerische Methoden für die Gleichungen der Akustik und die Finite-Element-Methode (FEM) den Studierenden nahegebracht. Als eine insbesondere für die Akustik vorteilhafte Berechnungsmethode wird außerdem die Randelementmethode (BEM) vermittelt. Zur Erprobung steht den Studierenden moderne Software zur Verfügung.

Fahrzeugakustik und Verkehrslärm werden durchaus im Kontext miteinander vermittelt, wobei die Fahrzeugakustik Laborübungen einschließt und die Aeroakustik eine Brücke in das Anwendungsfeld Luftfahrt herstellt. Das Themengebiet Lärminderung prägen der städtische Lärmschutz und die „Leise Straße“, deren Lerninhalte in einer praktischen

Projektarbeit anzuwenden sind. Die Prinzipien der Lärminderung werden zudem im Rahmen der lärmarmen Maschinenkonstruktionen und des lärmarmen Eisenbahnbetriebs vermittelt.

Zum Bereich der Schlüsselqualifikationen gehört das wissenschaftliche Schreiben. Es findet direkt Anwendung in den drei Projekten, die das selbständige Erarbeiten jeweils eines Themas mit den Schwerpunkten technische Akustik, Messen in der Akustik und Simulation in der Akustik erfordern.

Abbildung 4 zeigt vereinfacht das Curriculum. In der Regelstudienzeit sind 3 Semester mit insgesamt 14 Modulen zuzüglich 1 Semester mit der Masterarbeit zu absolvieren.

Semesterablauf

Der didaktische Ansatz des Studiengangs beruht auf einer ausgewogenen Balance von ca. 80 % Online- und 20 % Präsenzphasen. Der modularisierte Aufbau ermöglicht es, in jedem Modul ein zeitlich und inhaltlich abgerundetes Sachgebiet zu behandeln, das aus bis zu drei Lehrveranstaltungen besteht. Jede Lehrveranstaltung ist in Unterrichtseinheiten aufgeteilt, die auf einer bewährten Lernplattform angeboten werden. Sie ist online jederzeit und überall erreichbar, so dass sich der beträchtliche Arbeitsaufwand von bis zu 30 Stunden pro Woche während der Selbstlernphasen nach individuellen Bedürfnissen organisieren lässt. Eine professionelle Betreuung steht den Studierenden in fachlicher, technischer und organisatorischer Hinsicht jederzeit zur Seite. Pro Semester sind etwa 9 Präsenztage, teilweise an Samstagen, vorgesehen. Diese finden an der Universität Stuttgart und in den zahlreichen Laboren der wissenschaftlichen Kooperationspartner statt. Den Ablauf eines Semesters veranschaulicht Tabelle 1.

Abb. 4: Curriculum des Weiterbildungsstudiengangs MASTER:ONLINE Akustik

1. SEMESTER	M1 Technische Akustik	M6 Numerische Methoden	M11 Lärminderung 2, Maschinen- und Schienenlärm,	4. SEMESTER
	M2 Schwingungslehre, exp. Modalanalyse	M7 Lärminderung 1, Lärmschutz, Leise Straße	M12 Boundary Elemente Methoden in der Akustik	
	M3 Akustische Beurteilungsmethoden	M8 Akustik von Körpern und Räumen	M13 Fahrzeug- und Aeroakustik	
	M4 Wissenschaftliches Schreiben	M9 Finite Elemente Methoden in der Akustik		
	M5 Projekt 1 Technische Akustik	M10 Projekt 2 Messen in der Akustik	M14 Projekt 3 Simulation in der Akustik	
			Masterarbeit	

Voraussetzungen und Qualitätssicherung

Die Voraussetzungen an der Universität Stuttgart sind gut. Das Institut für Akustik und Bauphysik IABP bietet den Studiengang MASTER:ONLINE Akustik in wissenschaftlicher Kooperation mit sieben weiteren Instituten der Universität Stuttgart, dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP sowie dem Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart FKFS an. Diese Bündelung fachlicher Kompetenz steht gleichermaßen für Breite und Tiefe des Wissenstransfers, verbunden mit der Verfügbarkeit von hoch qualifizierten Lehrenden. Der Studiengang richtet sich an Interessierte, die sich auf dem Gebiet der Akustik praxisorientiert, fundiert und berufsbegleitend fortbilden möchten. Insbesondere Ingenieurinnen und Ingenieure mit akustischen Aufgaben, die ihr Tätigkeitsfeld erweitern oder verändern möchten, gehören zur Zielgruppe des Studiengangs. Der Einstieg ins Studium ist stets zum Wintersemester möglich. Vorausgesetzt werden ein ingenieurwissenschaftlicher oder verwandter akademischer Abschluss mit mindestens 180 ECTS-Punkten bzw. 6 Semestern Studiendauer und eine mindestens einjährige fachbezogene Berufserfahrung. Für das Weiterbildungsstudium erhebt die Universität Stuttgart Studiengebühren, verteilt auf die Semester und entsprechend der Modulbelegung. Der Studiengang ist in das Qualitätsmanagementsystem der Universität Stuttgart integriert. Dieses wurde im Rahmen der Systemakkreditierung der Universität durch das Organ für Akkreditierung und Qualitätssicherung der Schweizerischen Hochschulen (OAQ) als wegweisend für andere Universitäten eingestuft. Während des Studiums werden z.B. Befragungen der Studierenden durchgeführt, um das Qualitätsniveau des Studiengangs kontinuierlich zu überprüfen und die Lehre zu optimieren.

Zusammenfassung

Der Bedarf an fundierter Akustik-Weiterbildung ist aufgrund des vielseitigen Aufgabenspektrums in Unternehmen und Ingenieurbüros quer durch alle Branchen, aber auch in Behörden und Institutionen, gegeben. Die Palette der Angebote, die den praktizierenden Fachleuten integrales Wissen auf dem Gebiet der Akustik vermitteln, lässt sich noch deutlich erweitern. Das Ziel des Weiterbildungsstudiengangs MASTER:ONLINE Akustik ist es, diese Lücke in der Praxis zu schließen und eine ganzheitliche akademische Weiterbildung auf hohem Niveau anzubieten. Dazu kooperiert das Institut für Akustik und Bauphysik IABP in wissenschaftlicher Kooperation mit sieben weiteren Instituten der Universität Stuttgart, dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP sowie dem Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart FKFS. Durch den damit

Tab. 1: Schematische Darstellung des Ablaufs eines Semesters.

Phase	Art und Dauer	Inhalt
1. Kick-Off	Präsenz 3 Tage	Einführung Vorlesungen Bildung von Arbeitsgruppen
2. Tutoriell betreute Selbstlernphase	Online ca. 12 Wochen	Strukturierte Selbstlerneinheiten Medial aufbereitete Lehrinhalte Vorlesungsaufzeichnungen Selbsttests Diskussionen über betreute Foren Online-Übungen Tutorielle Betreuung
3. Zwischenworkshop	Präsenz 3 Tage	Vorlesungen Laborübungen und Messungen Präsentationen der Studierenden Fachliche Diskussionen Kommunikation
4. Tutoriell betreute Selbstlernphase	Online ca. 12 Wochen	Entsprechend Phase 2
5. Prüfung	Präsenz 3 Tage	Schriftliche und mündliche Prüfungen

verbundenen Einsatz hoch qualifizierter Lehrender mit Forschungsbezug ist neben der Qualität auch die Aktualität der Studieninhalte nachhaltig gewährt. Sein Online-Charakter macht den Studiengang orts- und zeitunabhängig, berufsbegleitend und familiengerecht studierbar. Der zumindest bislang einmalige akademische Grad „Master of Acoustics“ (M.Ac.) soll auch dazu beitragen, die Bedeutung der Akustik in der Aus- und Weiterbildung sowie nicht zuletzt auch in der Praxis zu unterstreichen.

Informationen unter

<http://www.master-akustik.de>

Literatur

- [1] Bullinger, H.-J.; Warnecke, H.-J.: Neue Organisationsformen im Unternehmen, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1996
- [2] Mehra, S.-R.; Diez, K.: Stellenanzeigenanalyse zur Ermittlung von zu vermittelnden Kompetenzen im Rahmen des neuen berufsbegleitenden Studiengangs „Master Online Akustik“ https://de.mintonline.de/fyfs/482/download_file (Stand 14. Juni 2019)
- [3] Mehra, S.-R.; Diez, K.: Zielgruppenanalyse für den neuen berufsbegleitenden Studiengang „Master Online Akustik“ https://de.mintonline.de/fyfs/452/download_file (Stand 14. Juni 2019) ■

Dipl.-Ing. Matthias Brodbeck
Universität
Stuttgart, Institut für Akustik und Bauphysik

Prof. Dr.-Ing. Philip Leistner
Universität
Stuttgart, Institut für Akustik und Bauphysik;
Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Ehrungen der DEGA

Auf der ICA 2019 verlieh die DEGA folgende Auszeichnung



■ Helmholtz-Medaille für Prof. Sonoko Kuwano

Auf der Eröffnungsfeier zur ICA 2019 in Aachen am 09. September 2019 wurde die Preisträgerin, Prof. Dr. Sonoko Kuwano, für ihr Lebenswerk in der Psychoakustik und in der Lärmwirkungsforschung mit der Helmholtz-Medaille ausgezeichnet. Die Laudatio wurde gehalten von Prof. Hugo Fastl, München. ■

■ Laudatio für Prof. Sonoko Kuwano

Dear Sonoko,
Dear colleagues,

it is a great honour and pleasure for me to bestow on behalf of the board of the German Acoustical Society DEGA the Helmholtz Medal to Professor Sonoko Kuwano, Professor Emeritus of Osaka University, Japan. The Helmholtz Medal is the highest award which is conferred by the DEGA to an outstanding scientist for his or her lifetime achievements in the field of acoustics.

Dear Sonoko, when Michael Vorländer informed me few months ago, that the board of DEGA had decided to bestow the Helmholtz Medal upon you, I was extremely happy to hear this decision. The more I was delighted by the information of Michael that I have been selected by DEGA to present the laudation.

Dear colleagues, as you know, the very first Helmholtz Medal of DEGA was conferred 1991 on the late Professor Eberhard Zwicker for his seminal work in the field of psychoacoustics. To my great delight, now Sonoko Kuwano is granted this award as the first recipient from Asia and the second female scientist for her outstanding achievements in basic research in psychoacoustics and its applications in noise evaluation.

A few words on Sonoko Kuwano's vita: She holds a degree in Psychology granted by Osaka University and she received in 1983 a Ph.D. in Engineering from

the University of Tokyo. Both are Elite Universities in Japan and belong to the former „Imperial Universities“ frequently regarded as Japan's equivalent of the Ivy League in the US. At Osaka University Sonoko Kuwano was a Professor of the Laboratory of Environmental Psychology, Graduate School of Human Sciences, and of the Division of Sustainable Energy and Environmental Engineering, Graduate School of Engineering.

Her research interests are broad and based on her background in both psychology and engineering. They include

- Perception of non-steady state sounds
- Psychological evaluation of environmental noise
- Cross-cultural study of noise problems
- Evaluation of sound quality of machinery noise

As concerns basic research Professor Sonoko Kuwano and her mentor Professor Seiichiro Namba investigated the loudness of non-steady-state sounds and introduced the method of continuous judgment, elucidating the relations between instantaneous and overall loudness, including effects of memory. They studied the concepts of loudness, noisiness and annoyance in cross-cultural studies with colleagues from Germany, United States, China and Turkey using i. a. the method of back translation. With respect to applications Sonoko Kuwano is famous for her multifaceted work on the sounds of

danger signals, copy machines, passenger cars, high speed trains, helicopters, and wind turbines, to name just a few.

Sonoko Kuwano never confined her activities to the ivory tower of universities. She cooperated very effectively with industry on noise problems and sound design, and has been a member of many committees on environmental problems in central or local governments in Japan, such as the Ministry of the Environment. Moreover, she has helped to settle many disputes between neighbors over noise as a member of the Environmental Dispute Coordination of Osaka Prefecture. Professor Kuwano devoted much of her time to national and international scientific societies. She is a fellow of the Acoustical Society of America and a member of the Science Council of Japan. Moreover, she was the President of the Acoustical Society of Japan, the Vice-President of INCE/Japan and the President of the Japanese Society for Music Perception and Cognition. As concerns the International Commission for Acoustics (ICA) Sonoko Kuwano was Vice-President and Secretary General.

A selection of the awards bestowed on Sonoko Kuwano reads as follows: the Sato Paper Prize from the Acoustical Society of Japan in 1983 and 1987, Commendations for Contributions in Environmental Conservation from the Minister of the Environment in 2006, the Special Merit Award for Achievement from the Institute of Noise Control Engineering-Japan

(INCE/J) in 2011, and the Award for the International Contributions to Psychology from the Japanese Psychological Association (JPA) in 2018.

Dear Sonoko, I had like to add a few personal aspects. Since 35 years we have a very fruitful cooperation. I remember very well when I came to your lab in February 1984, you not only helped me to get acquainted with the equipment in the lab, but also with manners usual in Japan, e.g. when to put off the shoes, whether to bow or to shake hands, how to ride a bus and so forth. You kindly offered the same hospitality to August Schick and Jürgen Hellbrück who stayed in your lab before me. When in 1985 you came for the first time to our lab in München, it was the other way around that I introduced you to life in Bavaria.

For a long time we had an exchange alternating on an almost yearly basis: One year I did experiments in your lab in Osaka, first at Toyonaka campus, and later at Suita Campus of Osaka University. Since in our cross-cultural studies we wanted to use exactly the same equipment, I brought a DT 48 headphone with free-field equalizer to Japan. At the customs it was not easy to convince the officer that the box with a bunch of coils, capacitors and resistors was not dangerous. In our free time, you kindly showed me important sights of Japan and introduced me to typical examples of Japanese culture like the famous puppets show Bunraku. In the alternate years, when it was your turn to come to München, you worked with us as Guest Researcher in our lab of the Technische Universität München in Arcisstraße and later in Theresienstraße. These were very productive times when you advised the Bavarian subjects of your experiments to stick strictly to the agreed schedule and rewarded them with delicious Japanese sweets.

During these years the technology for the storage of sounds changed dramatically: we started with large open reel tapes, used Compact Discs (CD) and Digital Audio Tapes (DAT) and now exchange USB-Sticks with our sound files. Likewise the duration for the contact with the respective home lab changed dramatically: In the early years exchange

by air mail took almost a week, then FAX was much quicker and now with internet we communicate with our home lab almost in real time.

Dear Sonoko, as I mentioned in the introduction, the Helmholtz Medal is granted for lifetime achievements. However, this does by no means imply that we feel that you should now finish your scientific career. On the contrary, I know that you still travel almost every week from Osaka to Tokyo to cooperate with colleagues. Therefore, we look forward that you will present your papers at future conferences usually in structured sessions which are co-organized by us!

Dear colleagues, please join me in congratulating Professor Sonoko Kuwano to her well deserved distinction. ■

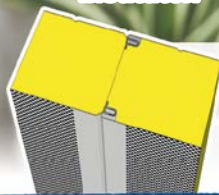
Hugo Fastl



ab 29,00 €/m²



**Detaillierte
Prüfberichte
von namhaften
Instituten**



Schallabsorption
 $\alpha_w \approx 0,95 - 1,00$

Schalldämmung
 $R_w \approx 34 \text{ dB}$

Schallschutz-Sandwechelement mit Dämmkern aus Glaswolle und Steinwolle

DANKE FÜR IHREN BESUCH AUF DER ACOUSTEX 2019





www.metec-no-sound.de **Unerhört gut!**



Markus Bayha • Gebietsverkaufsleiter Akustik D-A-CH

Tel: +49 7151 20609 80
Fax: +49 7151 20610 29
Mobil: +49 163 8203115
markus.bayha@metecno.de

Veranstaltungen

■ Veranstaltungshinweise

27.11.2019

ALD-Veranstaltung

„Lärmaktionsplanung – 3. Stufe“



Der Umgebungslärm spielt eine zunehmende Rolle für die urbane Lebensqualität. Lärm beeinflusst die Gesundheit und das Wohlbefinden. Mehr als 60 % der Bevölkerung fühlen sich durch Lärm belastigt. Lärm hat aber auch soziale und ökonomische Folgen, z. B. für den Wert von Immobilien. Lärmprävention und -bekämpfung sowie der Schutz ruhiger Gebiete werden deshalb immer dringender.

Mit der europäischen Umgebungslärmrichtlinie ist ein wichtiges Instrument eingeführt worden, um den Umgebungslärm zu bekämpfen. Seit 2008 haben die zuständigen Behörden und Stellen die Aufgabe, Lärmaktionspläne auszuarbeiten, die Minderungskonzepte in Ballungsräumen sowie an Hauptverkehrsstraßen, Großflughäfen und Eisenbahnstrecken aufzeigen. Mindestens alle 5 Jahre sind diese Pläne zu überprüfen und erforderlichenfalls zu überarbeiten.

Aktuell läuft die dritte Runde der Lärmaktionsplanung. Wie Evaluierungen zeigen, führen die Lärmaktionspläne, die aufgrund der Richtlinie aufgestellt werden, nicht immer zu Verbesserungen der Lärmbelastungen. Probleme bei der Plan-aufstellung durch die zuständigen Behörden haben zu einem Vertragsverletzungsverfahren durch die EU geführt.

Die gemeinsame Veranstaltung des ALD und des Umweltministeriums Nordrhein-Westfalen will zeigen, wie die zuständigen Behörden Lärmaktionsplanung betreiben und davon profitieren können. Es sollen Erfahrungen ausgetauscht und mögliche Lösungen für die Lärmprobleme aus rechtlicher und planerischer Sicht aufgezeigt werden.

Veranstaltungsort

Landesvertretung Nordrhein-Westfalen
Hiroshimastraße 12–16
10785 Berlin

Programm und Anmeldung:

<https://www.ald-laerm.de/ald/projekte-des-ald/2019/ald-veranstaltung-laermaktionsplanung/>

02.12.2019

ALD-Veranstaltung

„Innenstadtverdichtung – Bedeutung für Lebensqualität und Gesundheit“



Das Leitbild von wachsenden Städten ist seit der Charta von Leipzig von 2007 nicht mehr die aufgelockerte und funktional gegliederte, sondern die funktionsgemischte und kompakte Stadt, die sich überwiegend durch Innenentwicklung erneuert und fortentwickelt. Die Innenentwicklung im bestehenden Siedlungsgefüge der größeren Städte ist allerdings in vielen Fällen nicht ohne Konflikte zu lösen: Sie soll einerseits im Sinne des Leitbilds der Stadt der kurzen Wege nicht zur Vertreibung von Gewerbebetrieben, Sportanlagen und Freizeiteinrichtungen führen, andererseits aber ein verträgliches Nebeneinander dieser Nutzungen mit dem Wohnumfeld der Bevölkerung gewährleisten, indem ein hohes Umweltschutzniveau sichergestellt wird. Dem Anspruch auf ruhiges Leben und Wohnen kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.

Wichtig ist dabei neben dem Schutz der Wohnungen auch der für die Außenwohnbereiche wie Gärten, Terrassen und Balkone. Ebenso sollte auch der Aufenthalt auf Straßen, Plätzen und in Grünanlagen von hoher Umweltqualität sein.

Das Ausmaß des erforderlichen innerstädtischen Lärmschutzes ist umstritten: Die Umweltseite hält an dem bislang bestehenden hohen Schutzniveau fest, das inzwischen aber bereits durch die Einführung des Urbanen Gebiets gesenkt worden ist. Dagegen fordern Vertreter des Baubereichs – z. B. in der „Düsseldorfer Erklärung“ – weitere Lockerungen wie die Abkehr vom Prinzip des Außenschutzes. Dieser Konflikt ist auch Thema einer gemeinsamen Arbeitsgruppe der Umwelt- und Bauministerkonferenz.

Die Veranstaltung soll eine Plattform für eine konstruktive Auseinandersetzung unter Bezug auf die städtebauliche Praxis bieten und erörtern, wie trotz erheblichen Handlungsdrucks mit dem bestehenden gesetzlichen Instrumentarium Lösungen für eine lebenswerte Innenstadtverdichtung und die Bewahrung eines hohen Schutzniveaus gefunden werden können.

Zielgruppe der Tagung sind städtische Akteure, Politikvertreter/innen, Fachleute aus Ingenieurbüros und interessierte Bürgerinnen und Bürger.

Veranstaltungsort

Behörde für Umwelt und Energie Hamburg
Neuenfelder Str. 19
21109 Hamburg

Programm und Anmeldung:

<https://www.ald-laerm.de/ald/projekte-des-ald/2019/ald-veranstaltung-innenstadtverdichtung/>

20.–24.04.2020

Forum Acusticum 2020

in Lyon



Das Forum Acusticum findet alle drei Jahre als große europäische Tagung für Akustik statt, organisiert von einer nationalen Fachgesellschaft für Akustik im Namen der European Acoustics Association (EAA).

Im Jahr 2020 wird die Tagung von der Société Française d'Acoustique in Lyon (Frankreich) durchgeführt.

Sie sind herzlich eingeladen, am Forum Acusticum 2020 vom 20. bis 24. April 2020 teilzunehmen.

Beiträge (Vorträge und Poster) können bis 1. Dezember 2019 eingereicht werden.

Termin:

20. bis 24. April 2020

Veranstaltungsort:

Lyon Convention Centre
50 Quai Charles de Gaulle
69006 Lyon
France

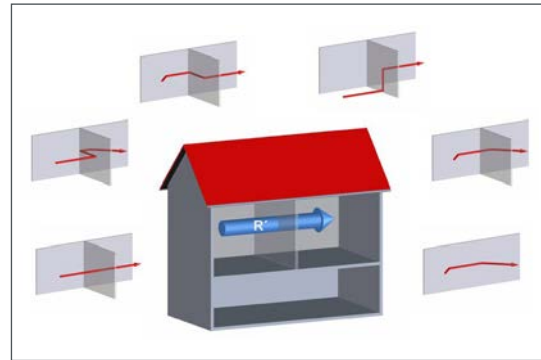
Programm, Leistungen, Gebühren und Anmeldung:

siehe <https://fa2020.universite-lyon.fr/fa2020/english-version/> ■

27.–29.04.2020

DEGA-Akademie

Kurs „Bauakustik – von den Grundlagen zur Anwendung“



Der Kurs „Bauakustik – von den Grundlagen zur Anwendung“ findet das nächste Mal vom 27. bis 29. April 2020 in Braunschweig statt. Er richtet sich insbesondere an Mitarbeiter(innen) von Beratungsbüros, Architekten und Bauingenieure, die sich mit diesem Thema intensiver auseinander setzen wollen.

Leitung und Referenten:

- 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 <http://www.dega-akustik.de> ■

■ **Vorschau****16.–19.03.2020****DAGA 2020****46. Deutsche Jahrestagung für Akustik****50 Jahre DAGA****Teilnehmerregistrierung und Teilnahmegebühren**

Ab sofort online unter

<http://www.daga2020.de/anmeldung>

Frühbuchertarif bis 31.01.2020

Anmeldung von Vorträgen und Postern

Sie sind herzlich eingeladen, Beiträge als Poster oder als mündlichen Vortrag zur Tagung einzureichen und zu präsentieren:

Deadline: 1. November 2019

<http://www.daga2020.de/autoren>

Bei der Beitragsanmeldung reichen Sie bitte eine Kurzfassung mit bis zu 200 Wörtern ein.

Die Tagungssprache ist Deutsch, Beiträge in englischer Sprache sind jedoch gern gesehen.

Vortragsprogramm

Neben dem üblichen Vortragsprogramm und Plenarvorträgen wird es strukturierte Sitzungen mit eingeladenen Vorträgen zu den folgenden Schwerpunkten geben:

- 6DOF Spatial Audio Recording and Rendering (Franz Zotter)
- Akustik gestern heute und morgen (Detlef Schulz)
- AUDICTIVE: Auditory Cognition in Interactive Virtual Environments (Janina Fels, Torsten Kuhlen, Steven van de Par, Alexander Raake, Sabine Schlittmeier)
- Augmented Acoustic Reality (Stefan Weinzierl, Jürgen Peissig)
- Description and implementation of audiovisual scenes for hearing research and beyond (Lubos Hladek, Stephan Ewert, Bernhard Seeber)
- Kavitation in Forschung und Anwendung (Robert Mettin, Claus-Dieter Ohl)
- Kfz-Lärm – neue Probleme und Lösungen (Michael Jäcker-Cüppers, Ercan Altinsoy)
- Lärm am Arbeitsplatz (Sandra Dantscher)
- Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz für die vibroakustische Modellbildung (Christian Adams, Kheirollah Sepahvand)
- Meeresakustik und Wasserschall (Jan Abshagen, Gerhard Schmidt)

- MEMS-Lautsprecher – ein Paradigmenwechsel (Daniel Beer)
- Open Science and Irreproducible Results (Sascha Spors)
- Philosophie in der Akustik (Monika Gatt)
- Physik der Strömungsakustik (Jan Delfs, Manfred Kaltenbacher)
- SFB1330 Hörakustik: Perzeptive Prinzipien, Algorithmen und Anwendungen (Steven van de Par, Jan Rennies-Hochmuth, Volker Hohmann)
- Sprach- und Audioqualität (Alexander Raake, Janto Skowronek)
- Sprache und Audio im KFZ (Hans-Wilhelm Gierlich, Gerhard Schmidt)
- Sprachtechnologie (Sebastian Möller)
- Technik und Methoden für den Luftultraschall: Quantitative und qualitative Analyse (Ralf Steinhausen, Christian Koch)
- Tieffrequenter Trittschall (Ulrich Schanda, Martin Schneider)
- Überströmte Schallabsorber (Lars Enghardt, Stefan Becker)
- WHO-Leitlinien zum Umgebungslärm (André Fiebig, Dirk Schreckenberger)

Postersitzungen

Posterbeiträge sind ausdrücklich erwünscht und den Vorträgen gleichwertig. Die Poster werden in einem zentralen Bereich des Tagungsortes präsentiert. Für die Präsentation und Diskussion der Poster sind an jedem Konferenztag eigene Zeitabschnitte reserviert, zu denen es keine parallelen Veranstaltungen geben wird. Zudem gibt es die Möglichkeit, in einer fachlich passenden Vortragssitzung in ein bis zwei Minuten auf das Poster aufmerksam zu machen.

Im Programmheft und im Tagungsband wird einer Poster-Präsentation der gleiche Umfang eingeräumt wie einem mündlichen Beitrag.

Zur Förderung der Diskussion wird es für Posterbeiträge gesonderte Postersitzungen geben. Besonders herausragende Posterbeiträge werden zudem prämiert.

Vorkolloquien am 16.03.2020

- Künstlerische Akustik mit Performance (Eckart Altenmüller)
- Elektroakustik, Immersive Audioverfahren (Jürgen Peissig, Waldo Nogueira)
- Design for Acoustics (Sabine C. Langer, Sebastian Rothe)

Tagungsbegleitende Ausstellung

Die wissenschaftliche Tagung wird von einer Firmenausstellung begleitet, welche die Kontaktvernetzung zwischen Theorie und Praxis pflegt und Unternehmen die Möglichkeit bietet, ihre Produkte und Dienstleistungen vorzustellen. Sie ist von Dienstag, den 17.03.2020 bis Donnerstag, den 19.03.2020 (14:00 Uhr) geöffnet.

Die Anmeldung zur Ausstellung ist ab Oktober 2019 möglich. Nähere Informationen für Aussteller (Standpläne, Preise, Zu-

fahrt und Parkmöglichkeiten) soie das Anmeldeformular finden Sie unter <http://www.daga2020.de/ausstellung>.

Rahmenprogramm

Dienstag, 17.03.2020:

- Eröffnungs- und Festveranstaltung „50 Jahre DAGA“
- Geselliger Abend im Welfenschloss der Leibniz-Universität mit DAGA-Jamsession



Mittwoch, 18.03.2020:

- Konzert mit dem Mädchenchor Hannover in der Christuskirche

Hotelkontingent und Reiseauskünfte

<http://www.daga2020.de/tagungsort>

Zentrale Termine zur DAGA 2020

- Beitragsanmeldung bis 1. November 2019
- Frühbuchertarif bis 31. Januar 2020
- Late-Poster Einreichung bis 15. Februar 2020
- Online-Veröffentlichung des Tagungsbandes April 2020

Veranstaltungsort

Hannover Congress Centrum HCC

Theodor-Heuss-Platz 1-3

30175 Hannover

Web: <https://www.hcc.de/>

Veranstalter

- Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA)
- Niedersächsische Arbeitsgemeinschaft Akustik (NAGA)
- Leibniz Universität Hannover – Institut für Kommunikationstechnik (LUH)

unter Mitwirkung von

- Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG)
- Informationstechnische Gesellschaft (ITG) im VDE
- DIN/VDI – Normenausschuss NALS

in lokaler Kooperation

- Hochschule für Musik, Theater und Medien Hannover (HMTMH)
- Medizinische Hochschule Hannover (MHH)
- Hörregion Hannover
- Technische Universität Braunschweig
- Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig (PTB)

- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt am Standort Braunschweig (DLR)
- Technische Universität Clausthal

Kontakt und Information

Teresa Lehmann / Julia Schneiderheinze

Deutsche Gesellschaft für Akustik e. V.

Tel: 030 / 340 60 38 03 oder -04

E-Mail: tagungen@dega-akustik.de

Webseite: <http://www.daga2020.de/> ■

09.-13.09.2019

23rd International Congress on Acoustics integrating 4th EAA Euroregio 2019



Am 09.09.2019 wurde die Tagung von den Conference Chairs (Prof. Michael Vorländer und Prof. Janina Fels) feierlich eröffnet, umrahmt durch Musik von Lily Dahab und ihrer Band. Fünf Plenarvorträge wurden von hochkarätigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern gehalten:



- Marion Burgess (Sydney, Australien): “Sound and Noise around us”
- Shrikanth Narayanan (Los Angeles, USA): “Sounds of the human vocal instrument”
- Christopher Wiebusch & Tim Otto Roth (Aachen/Köln): “Astroparticle Immersive Synthesizer³ or how cosmic ‘ghost particles’ inspire a novel concept of spatialisation of sound”
- Jérémie Voix (Montreal, Kanada, Preisträger des ICA Early Career Awards): “The ear at the age of IoT”
- Maria Heckl (Keele, England): “Thermoacoustic instabilities – physical mechanisms and mathematical modelling”

Neben dem umfangreichen wissenschaftlichen Hauptprogramm gab es diverse zusätzliche Ereignisse, zum Beispiel die Aktivitäten der „EAA Young Acousticians Network (YAN)“ mit der jDEGA und vielen anderen Gruppen des wissenschaftlichen Nachwuchses. Ferner gab es eine Diskussionsrunde zum

Thema Wissenschaftskommunikation mit eingeladenen Experten, eine Kontaktbörse mit Industrievertretern zum Thema Karrierewege für den wissenschaftlichen und professionellen Nachwuchs in der Akustik sowie die „5-minute Research Story Competition“, die Mathieu Gaborit (KTH Stockholm) mit einem Beitrag zur Modellierung von geschichteten Absorbern am sehr unterhaltsamen Beispiel von Tiramisu gewonnen hat. Das Rahmenprogramm der Tagung umfasste ein Orgelkonzert im Aachener Dom mit dem Domorganist Michael Hoppe sowie eine gesellige Abendveranstaltung im Kunstmuseum „Ludwig Forum“, bei der auch eine internationale Jam Session musikalische Akzente setzte. Ebenso wurden verschiedene Exkursionen für die Teilnehmenden gut angenommen (zum Institut für Technische Akustik der RWTH Aachen, zur HEAD acoustics GmbH und zum Institut für Kraftfahrzeuge der RWTH).



Vor dem ICA-Kongress fand im belgischen Leuven die „EAA Summer School“ für junge Akustikerinnen und Akustiker mit 114 Teilnehmenden statt, die von Monika Rychtarikova und Armin Kohlrausch organisiert wurde. Vom 6. bis 8. September wurden neben dem Kurs „Introductory Course – Approaching Acoustics“ vier „Hot Topics“-Kurse zu „Computational modeling in physiological and psychological acoustics“, „Smart city sound“, „Acoustic metamaterials and sonic crystals“ und „Acoustic imaging (laser, beamforming, time reversal, photoacoustics)“ angeboten.

Auch die weiteren Satellite-Symposien (EAA Spatial Audio Signal Processing Symposium in Paris, International Symposium on Room Acoustics in Amsterdam, International Symposium on Musical Acoustics in Detmold) wurden von den Teilnehmenden gut angenommen, so dass der Monat September 2019 insgesamt sehr reichhaltig an internationalen Veranstaltungen rund um die Akustik war. ■

■ Kalender

- **12.–13.10.2019 in Regensburg:**
GITEC 2019,
siehe <https://gitec-forum.de/wp/gitec-jahres-meeting-2019/>
- **17.–18.10.2019 in Bad Honnef:**
25. Workshop „Physikalische Akustik“,
siehe Seite 49 und
<https://www.dega-akustik.de/aktuelles>
- **21.10.2019 in Stuttgart:**
ALD-Veranstaltung „Motorradlärm“,
siehe <http://www.ald-laerm.de>
- **22.–23.10.2019 in Magdeburg:**
Herbstworkshop des Fachausschusses Fahrzeugakustik
- **01.–03.11.2019 in Berlin:**
Herbstworkshop der Fachgruppe „junge DEGA“,
siehe Seite 48 und
<https://www.dega-akustik.de/dega/aktuelles/workshop-jdega>
- **12.–14.11.2019 in Drübeck:**
7. Kavitations-Workshop des Fachausschusses Ultraschall,
siehe <http://www.soft-matter.ovgu.de/Aktuelles/Workshop+Kavitation.html>
- **22.11.2019 in St. Augustin:**
Herbstworkshop des Fachausschusses „Lärm – Wirkungen und Schutz“,
siehe Seite 49
- **27.11.2019 in Berlin:**
ALD-Veranstaltung „Lärmaktionsplanung – 3. Stufe“,
siehe Seite 40 und
<http://www.ald-laerm.de>
- **02.12.2019 in Hamburg:**
ALD-Veranstaltung „Innenstadtverdichtung“,
siehe Seite 40 und
<http://www.ald-laerm.de>
- **03.12.2019 in Deggendorf:**
14. Deggendorfer Akustik-Seminar,
siehe <http://www.th-deg.de/de/et-mt/akustikseminar>
- **05.–06.12.2019 in Nürnberg:**
5. Workshop „Strömungsschall in Luftfahrt, Fahrzeug- und Anlagentechnik“,
siehe Seite 50 und
<https://www.dega-akustik.de/dega/aktuelles/workshop-stroemungsschall>
- **31.01.2020 in Paris (F):**
Eröffnungsveranstaltung zum „International Year of Sound 2020“,
siehe <http://sound2020.org/>
- **16.–19.03.2020 in Hannover:**
Jahrestagung DAGA 2020 – 50 Jahre DAGA,
siehe Seite 42f und
<http://www.daga2020.de>
- **20.–24.04.2020 in Lyon (F):**
Forum Acusticum 2020,
siehe
<https://fa2020.universite-lyon.fr/>
- **27.–29.04.2020 in Braunschweig:**
DEGA-Akademie-Kurs „Bauakustik – von den Grundlagen zur Anwendung“,
siehe Seite 41 und
<https://www.dega-akustik.de/aktuelles>
- **29.04.2020 bundesweit:**
23. Tag gegen Lärm – International Noise Awareness Day,
siehe <http://www.tag-gegen-laerm.de>
- **23.–26.08.2020 in Seoul (KOR):**
Inter-Noise 2020,
siehe <http://www.internoise2020.org>

Weitere Termine (International) finden Sie im Newsletter „EAA Nuntius“:
<http://euracoustics.org/news/eea-newsletter> ■

DEGA

Nachrichten und Mitteilungen aus der Fachgesellschaft

■ Vorstand der DEGA neu gewählt

Der Vorstandsrat der DEGA hat am 24.04., am 21.05. und am 25.06.2019 die folgenden Vorstandsmitglieder neu gewählt (zum Teil wurde dies schon in der letzten Ausgabe des Akustik Journals bekannt gegeben):

- Vizepräsidentin (designierte Präsidentin):

Prof. Dr. Sabine Langer

- Schatzmeister:

Dr. Gottfried Behler

- drei weitere Vorstandsmitglieder:

Prof. Dr. Stefan Becker

Prof. Dr. Ennes Sarradj

Prof. Dr. Bernhard Seeber

Ihre Amtszeit hat am 1. Juli 2019 begonnen und dauert bis 2022. Im Namen aller Mitglieder gratulieren wir ihnen herzlich und wünschen ihnen viel Erfolg für ihr neues Amt!

Zur gleichen Zeit hat Prof. Dr. Jesko Verhey das Amt des DEGA-Präsidenten übernommen. Seine Wahl als Vizepräsident / designierter Präsident erfolgte schon im Jahr 2016. Die gewählte Vizepräsidentin, Sabine Langer, übernimmt dann im Jahr 2022 satzungsgemäß ohne weitere Wahl das Amt der Präsidentin für weitere drei Jahre.

Weitere Informationen zum zeitlichen und organisatorischen Ablauf sowie zum Wahlausschuss finden Sie im Akustik Journal 03/18 (Oktober 2018).

Aus dem Vorstand ausgeschieden sind Prof. Dr. Michael Vorländer, der bisherige Präsident, Prof. Dr. Klaus Genuit, der bisherige Schatzmeister, und Prof. Dr. Brigitte Schulte-Fortkamp als weiteres Vorstandsmitglied. Für die geleistete Arbeit sei ihnen herzlich gedankt! ■

■ Acta Acustica®: Umstellung der Zeitschrift auf „Open Access“

Ab Januar 2020 wird es wichtige Neuerungen bei der Fachzeitschrift der European Acoustics Association (EAA) geben. Die Zeitschrift wird komplett auf „Open Access“ umgestellt – und erreicht damit eine höhere Verbreitung sowohl in den Fachgesellschaften mit ihren 9.000 persönlichen Mitgliedern als auch in der Öffentlichkeit. Diese Neuerungen der EAA stimmen mit dem „Plan S“ überein (<https://www.coalition-s.org>), in dem 16 europäische Forschungsförderer eine frei zugängliche Veröffentlichung aller Forschungsergebnisse in „Open-Access-Journals“ ab 2021 fordern.

Um dieses Ziel zu erreichen, waren einige Anpassungen notwendig, vor allem die Wiedereinführung des ursprünglichen

Regupur®

REGUPUR® AUSGLEICHSSCHÜTTUNG

Regupur® comfort S1 » wasserfreier Einbau »
nachhaltig » gesundheitlich unbedenklich »
schnell und kostensparend » trittschalldämmend



Namens der Zeitschrift (ACTA ACUSTICA®) und der Wechsel zum früheren Verlag "EDP Science" (1993–95). Eine entsprechende Pressemitteilung ist auf <https://www.edpsciences.org/en/news-highlights/1830-open-access-acous> zu finden.

Die wichtigste Änderung bezüglich "Open Access" ist die Verlagerung der Publikationskosten von den Abonnenten zu den Autoren der Artikel. Hierfür hat die EAA ein Modell zur finanziellen

Unterstützung erarbeitet, welches auf dem Solidaritätsprinzip unter den Fachgesellschaften beruht. Autorinnen und Autoren, die in einer EAA-Fachgesellschaft Mitglied sind (u. a. der DEGA), bekommen von der EAA einen Zuschuss für die Begleichung der Article Processing Charges (APC).

Das zugrundeliegende Modell ist auf der Seite <https://www.dega-akustik.de/dega/aktuelles/acta-acustica-open-access> detailliert erläutert.

Die Zeitschrift ACTA ACUSTICA®, seit 1993 fachlich hoch angesehen, wird allen Akustikerinnen und Akustikern als moderne Online-Plattform die Chance bieten, ihre Arbeiten einer großen weltweiten Leserschaft zu präsentieren. Nutzen Sie diese Gelegenheit zum wissenschaftlichen Austausch. ■

*Jorge Patricio
Präsident der EAA*

■ Fachausschüsse und Fachgruppen der DEGA stellen sich vor (Teil 1)

Arbeitsring Lärm der DEGA

Der Arbeitsring Lärm der DEGA (ALD) verfolgt das Ziel, den Lärmschutz in Deutschland und Europa zu verbessern. Dazu informiert der ALD zum einen die Öffentlichkeit umfassend über die Ursachen und Wirkungen von Lärm, über die Potenziale seiner Minderung sowie über die Möglichkeiten des Schutzes vor Lärm. Die allgemeinverständliche Aufbereitung und Darstellung aller Sachverhalte im Zusammenhang mit Lärm in zeitgemäßer Form spielt dabei eine wesentliche Rolle. Der ALD hat sich zum anderen die Aufgabe gestellt, auf der Basis fachlicher Kompetenz und Unabhängigkeit lärmpolitische Entscheidungsprozesse zur Verbesserung der Schutzregelungen in Deutschland und Europa aktiv zu beeinflussen. Dazu bezieht er Stellung zu

- aktuellen Fragen des Lärms
- und zu Vorschriften und Regelungen, die der Lärminderung dienen.

Er arbeitet in staatlichen Ausschüssen und Projekten mit.

Der ALD wurde im Mai 2009 als Fachgruppe der DEGA gegründet. Seine Ziele und Aufgaben orientieren sich an dem ehemaligen „Deutschen Arbeitsring für Lärmbekämpfung“ (DAL), der von 1952 bis 2007 eine der wichtigsten Nichtregierungsorganisation im Bereich des Lärmschutzes in Deutschland war.

Der ALD kooperiert eng mit den DEGA-Fachausschüssen und Projekten, die ebenfalls mit den Themen des Lärmschutzes befasst sind, vor allem mit dem DEGA-Projekt „Tag gegen Lärm“ und dem Fachausschuss „Lärm: Wirkungen und Schutz“. Unter den Fachausschüssen und -gruppen der DEGA hat der ALD insofern eine Sonderstellung, da er in den meisten Jahren seines Bestehens im Rahmen der Umweltverbändeförderung des Bundesumweltministeriums für verschiedene Aktivitäten finanziell gefördert wurde.

Der ALD ist die einzige Nichtregierungsorganisation in Deutschland, die sich mit der gesamten Breite der Umweltbelastung durch Lärm befasst, für deren Minderung einsetzt und dabei das bislang ungelöste Problem der Mehrfachbelastung durch Geräusche im Fokus hat.

Die wichtigsten Aktivitäten des ALD sind:

- Beratung von Bürgerinnen und Bürgern, Medien und Politik
- Veranstaltungen zu verschiedenen Lärmthemen – im Herbst 2019 z. B. zum Motorradlärm, zur Lärmaktionsplanung und zur städtebaulichen Innenentwicklung
- Mitarbeit in deutschen und europäischen Gremien und bei Projekten von Bund und Ländern
- Stellungnahmen und Veröffentlichungen zu aktuellen Lärmthemen
- Herausgabe des ALD-Newsletters (siehe <http://www.ald-laerm.de/ald/newsletter-des-ald/>)
- Pflege und Ausbau der ALD-Internetseite www.ald-laerm.de, auf der die meisten Aktivitäten auch dokumentiert sind.

Inhaltlich ist es uns ein besonderes Anliegen, das zersplitterte und z. T. unvollständige Lärmschutzrecht auf der Basis eines hohen Schutzniveaus auszubauen und zu harmonisieren und der Tendenz entgegenzuwirken, im Zuge der politisch gewollten innerstädtischen Verdichtung und Nutzungsmischung – trotz der gestiegenen Ansprüche der Bürgerinnen und Bürger an den Schutz der Ruhe – das Schutzniveau aufzuweichen. Der ALD braucht deshalb weitere Mitstreiterinnen und Mitstreiter!

*Christian Beckert
Michael Jäcker-Cüppers
Dirk Schreckenberg*

■ Fachausschüsse / Fachgruppen

Fachgruppe „junge DEGA“



Vorsitzende:

Dorothea Lincke, Berlin
dorothea.lincke@posteo.de

jDEGA-Mentoring-Programm

Die junge DEGA hat sich zum Ziel gesetzt, nicht nur den Austausch untereinander zu fördern, sondern auch den Wissens- und Erfahrungsaustausch über die eigene Fachgruppe hinaus zu unterstützen. Zur DAGA 2020 startet daher ein Mentoring-Programm zwischen Studierenden sowie Promovierenden aus der jungen DEGA und ehrenamtlichen Mentor*innen aus den Reihen der DEGA, die bereits ein paar mehr Schritte in ihrer Laufbahn zurückgelegt haben. Anmeldungen von interessierten Mentor*innen sind seit September möglich. Mehr Informationen sind über die Website <http://www.dega-akustik.de/jd> sowie im direkten Kontakt über die Fachgruppenleitung erhältlich. Die Bewerbungsphase für Mentees startet im Winter.

ICA 2019

Quer durch alle Fachgebiete, Karrierestufen und Landesgrenzen hat die ICA2019 in Aachen hunderte junge Akustikerinnen und Akustiker zusammengebracht. Eine ganze Reihe von Veranstaltungen richtete sich explizit an Teilnehmende, die noch am Anfang ihrer Laufbahn stehen. Dazu hat sich die junge DEGA mit dem Young Acousticians Network (YAN) zusammengetan und insbesondere bei der Auftaktveranstaltung und beim Icebreaker mitgewirkt. Weitere Veranstaltungen wurden außerdem von der Early Career Special Interest Group des UK Acoustics Network (UKAN SIG ECG) organisiert. Alle Veranstaltungen von Icebreaker über Social Evening und Career Workshop haben insgesamt viel Aufmerksam-

keit erregt und wurden von etwa 500 Teilnehmenden wahrgenommen.

Herbstworkshop 2019

Der nächste Herbstworkshop der jungen DEGA findet vom 1. – 3. November 2019 auf dem Campus der TU Berlin statt. Der Anmeldezeitraum ist bereits vorbei; bei Interesse kurzfristig noch teilzunehmen lohnt sich dennoch eine Nachfrage bei der Fachgruppenleitung. ■

*Dorothea
Vincent*

Arbeitsring Lärm der DEGA (ALD)



Vorsitzender:

Dipl.-Ing. Michael Jäcker-Cüppers,
Berlin
m.jaecker-cueppers@ald-laerm.de

ALD-Veranstaltung „Innenstadtverdichtung – Bedeutung für Lebensqualität und Gesundheit“ am 02.12.2019 in Hamburg

Der ALD führt diese Veranstaltung mit freundlicher Unterstützung der Hamburger Behörde für Umwelt und Energie (BUE) durch, wo die Veranstaltung auch stattfindet.

Sie ist eine Umsetzung des laufenden ALD-Projekts, das einen Workshop zum Thema „Bauplanungsrechtliche Instrumente zur immissionsschutzrechtlich verträglichen Innenstadtverdichtung (u. a. Bewertung des Vollzugs zur Einführung Urbaner Gebiete)“ vorsieht.

Es werden aus mehreren Städten Praxisbeispiele und die Position des Deutschen Städtetags vorgestellt. Fragen der Weiterentwicklung des Immissionsschutzes und der Bedeutung innerstädtischen Grüns werden ebenso wie die gesundheitlichen Anforderungen an die Innenentwicklung thematisiert.

Die Veranstaltung ist kostenlos. Weitere Informationen erhalten Sie auf S. 40 und unter <http://www.ald-laerm.de>.

Save the Date:

DAGA 2020: Strukturierte Sitzungen des ALD zusammen mit den Fachausschüssen Lärm: Wirkungen und Schutz und Fahrzeugakustik

Der ALD hat in Zusammenarbeit mit den genannten Fachausschüssen für die DAGA 2020 die folgenden gemeinsamen Strukturierten Sitzungen vorgeschlagen:

- Strukturierte Sitzung des ALD, des FA Lärm und des FA Fahrzeugakustik „Kfz-Lärm – neue Probleme und Lösungen“: Thematisiert werden die aktuellen Entwicklungen beim Kfz-Lärm, u. a. das Problem unnötig lauter Kfz (z. B. Motorräder) und die verbindliche Einführung von akustischen Warnsignalen bei Elektrofahrzeugen.
- Strukturierte Sitzung des ALD und des FA Lärm zum Thema „WHO-Leitlinien zum Umgebungslärm“ von 2018 (Federführung FA Lärm)

Interessierte Kolleg/innen können ihre wissenschaftlichen Beiträge bis zum 01.11.2019 einreichen. Interessensbekundungen können schon vorab dem ALD bzw. den beteiligten Fachausschüssen mitgeteilt werden. ■

*Christian Beckert
Michael Jäcker-Cüppers
Dirk Schreckenberg*

Fachausschuss Elektroakustik



Vorsitzender:

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

Das diesjährige Herbsttreffen des Fachausschusses Elektroakustik fand bei

der YAMAHA Music Europe GmbH in Rellingen statt. Neben interessanten Fachvorträgen und Diskussionen über architektonisch versus elektroakustisch-unterstützte Raumakustik sowie das oft vergessene Thema „Höranlage“ gab es eine Yamaha-Demo-Tour. Hier stellte Yamaha u. a. auch seinen Technologieansatz einer variablen Raumakustik mit dem AFC3-System vor. Die Fachausschussleitung dankt der YAMAHA Music Europe GmbH für die außerordentliche Gastfreundschaft und den über 15 Teilnehmern für die tollen Beiträge. ■

Daniel Beer

Fachausschuss Lärm: Wirkungen und Schutz



Vorsitzender:

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

Herbstworkshop des FA Lärm am 22.11.2019 in Sankt Augustin

Am 22.11.2019 wird im Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) in Sankt Augustin der Herbstworkshop des Fachausschusses Lärm zum Thema „Lärm am Arbeitsplatz“ mit dem Fokus auf extra-aurale Lärmwirkungen stattfinden. Vor allem mit der aktuellen Veröffentlichung der Technischen Regeln zu Arbeitsstätten ASR A3.7 „Lärm“ im letzten Jahr werden die Anforderungen zum Schutz vor extra-auralen Lärmwirkungen vielfältig diskutiert sowie Untersuchungen zu den tatsächlichen psychischen Belastungen am Arbeitsplatz und deren Wirkungen initiiert.

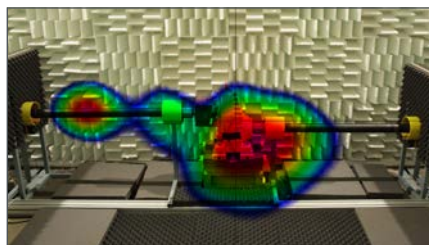
In Beiträgen u. a. vom Institut für Arbeitsschutz der DGUV, der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt oder dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik werden gleicherma-

ßen aktuelle Forschungsvorhaben und Herausforderungen in der Praxis diskutiert. Die Vorträge beschäftigen sich u. a. mit der ASR A3.7 „Lärm“, Ultraschall am Arbeitsplatz, Lärmbekämpfung in offenen Bürostrukturen oder der Beeinträchtigung der Leseleistung durch die akustische Arbeitsumgebung. Die Teilnahme am Herbstworkshop ist kostenfrei. Bei Interesse zur Teilnahme melden Sie sich einfach formlos per E-Mail bei der FA-Leitung (andre.fiebig@tu-berlin.de, frederik.gast@head-acoustics.de) oder bei der DEGA-Geschäftsstelle an.

Das detaillierte Programm des Herbstworkshops wird in Kürze auf der DEGA-Webseite des Fachausschusses Lärm veröffentlicht sowie an die Mitglieder und die Interessierten des FA Lärm elektronisch versendet. ■

*André Fiebig
Frederik Gast*

Fachausschuss Physikalische Akustik



Vorsitzender:

Dr. Joachim Börs, Technische Universität Darmstadt
boes@sam.tu-darmstadt.de

Beteiligung des Fachausschusses am ICA 2019 in Aachen

Vom 9. bis zum 13. September 2019 fand der 23rd International Congress on Acoustics (ICA 2019) in Aachen mit weit über 1.700 Teilnehmenden statt. Viele Fachausschussmitglieder hatten sich dankenswerterweise im Vorfeld als sogenannte Topic Organizers engagiert. Auch als Session Organizers und Session Chairs waren viele Mitglieder aktiv. Für dieses Engagement ein recht herzliches Dankeschön an alle!

25. DEGA-Workshop Physikalische Akustik am 17./18.10.2019 in Bad Honnef

Am 17. und 18.10.2019 wird im Physikzentrum Bad Honnef unter Mitwirkung des DPG-Fachverbands Akustik der 25. DEGA-Workshop Physikalische Akustik stattfinden. Das Thema des Jubiläums-Workshops (diesmal mit internationaler Beteiligung und daher in englischer Sprache) lautet „Underwater Acoustics“. Zum Organisationsteam gehören Jan Abshagen, Anton Himm, Stephan Lippert und Frank-Hendrik Wurm. Eine Einladung zum Workshop, das detaillierte Workshop-Programm sowie eine Möglichkeit zur Anmeldung sind auf der Internetseite des Fachausschusses unter <https://www.dega-akustik.de/fachausschuesse/pa/> zu finden. Wir freuen uns auf rege Beteiligung und viele Teilnehmende!

Nächste Fachausschusssitzung am 17.10.2019 im Rahmen des 25. DEGA-Workshops

Die nächste Fachausschusssitzung wird am Donnerstag, den 17.10.2019, nach der Mittagspause im Rahmen des oben genannten 25. DEGA-Workshops Physikalische Akustik im Physikzentrum Bad Honnef stattfinden. Mitglieder und Interessierte des Fachausschusses, aber auch Gäste sind herzlich zur Sitzung und zur engagierten Mitarbeit eingeladen.

Überarbeitung der Geschäftsordnung des Fachausschusses

Hier noch einmal die Erinnerung, dass die Geschäftsordnung unseres Fachausschusses an die neue Mustergeschäftsordnung für DEGA-Fachausschüsse angepasst werden soll. Dazu wurde von der Fachausschussleitung am 25.03.2019 eine E-Mail mit den wichtigsten Informationen und der Betreffzeile „DEGA-Fachausschuss Physikalische Akustik: Präsentation und Entwurf für Geschäftsordnung“ an alle Mitglieder und Interessierten des Fachausschusses versandt. Bitte setzen Sie sich mit dem dort angehängten Entwurf und den darin vorgeschlagenen Änderungen auseinander, damit bei der übernächsten Fachausschusssitzung im Rahmen der DGA

damit bei der übernächsten Fachausschusssitzung im Rahmen der DAGA 2020 in Hannover (d.h. im Zeitraum 16.–19.03.2020) die neue Geschäftsordnung konstruktiv diskutiert und dann auch (hoffentlich mit breiter Mehrheit) verabschiedet werden kann. Laut bis dahin noch gültiger Geschäftsordnung müssen dann zum Erreichen der Beschlussfähigkeit mindestens 25 % der Fachausschussmitglieder anwesend sein – bitte erscheinen Sie daher möglichst zahlreich!

Auch die kommende Fachausschussg Fachausschussleitung den zur Diskussion gestellten Entwurf gern noch einmal zur Verfügung.

Wahl einer neuen Fachausschussleitung im Rahmen der DAGA 2020 in Hannover

Nach drei Jahren im Amt muss in der Fachausschusssitzung im Rahmen der DAGA 2020 in Hannover eine neue Fachausschussleitung gewählt werden. Steffen Marburg und Martin Ochmann haben sich dankenswerterweise bereit erklärt, als Wahlausschuss zu fungieren. Die bisherige Fachausschussleitung (Joachim Bös) und die Stellvertretung (Jens Prager) stellen sich beide zur Wiederwahl. Vorschläge für weitere Kandidierende sind sehr willkommen – bitte teilen Sie Vorschläge oder Selbstnominierungen bis spätestens zum 01.03.2020 dem oben genannten Wahlausschuss mit, der dann auch die geheime Wahl durchführen und auswerten wird.

Bitte erscheinen Sie möglichst zahlreich zu dieser Fachausschusssitzung auf der DAGA 2020, damit die Fachausschussleitung und -stellvertretung eine breite demokratische Legitimation erhalten. haben. ■

Joachim Bös

Fachausschuss Strömungsakustik



Vorsitzende:

Prof. Dr. Manfred Kaltenbacher, Technische Universität Wien

manfred.kaltenbacher@tuwien.ac.at

Die FA-Mitgliederversammlung fand am 20. März 2019 im Rahmen der DAGA in Rostock statt. Neben der Berichterstattung bezüglich der Aktivitäten des Fachausschusses im vergangenen Jahr fand die Wahl des Fachausschussvorsitzenden sowie den beiden Vertretern statt. Dabei wurden Prof. Manfred Kaltenbacher (TU Wien) als Vorsitzender und Dr. Marc Schneider (ebmpapst Mulfingen GmbH & Co. KG) sowie Prof. Lars Enghardt (DLR und TU Berlin) als Stellvertreter einstimmig wiedergewählt. Zusätzlich wurde beschlossen, dass der Vorsitzende die jetzige Geschäftsordnung entsprechend den Richtlinien anpasst, diese vor der DAGA 2020 in Hannover an alle FA-Mitglieder versendet, sodass bei der FA-Sitzung in Hannover die Geschäftsordnung beschlossen werden kann. Das Protokoll der Sitzung kann unter <https://www.dega-akustik.de/fachausschuesse/sta/dokumente/> eingesehen werden.

Der FA Strömungsakustik veranstaltet gemeinsam mit der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR) den 5. Workshop zu „Strömungsschall in Luftfahrt, Fahrzeug- und Anlagentechnik“. Dieser Workshop wird vom 5.–6. Dezember 2019 in Nürnberg (Korn*s Nürnberg, Kornmarkt 5–7, 90402 Nürnberg) stattfinden. Anmeldung und Einreichung von Beiträgen (Titel, Problemstellung, Methode, Ergebnis, Validierung) bitten wir bis 31.10.2019 an sekretariat@ipat.uni-erlangen.de zu senden. Für diesen Workshop sind Fachbeiträge zu den Themen

- numerische und experimentelle Methoden der Aeroakustik,

- Validierung numerischer Verfahren,
 - Schallerzeugung durch Turbulenz, Rotoren und in Kanälen
- erwünscht (weitere Information unter <https://www.dega-akustik.de/dega/aktuelles/workshop-stroemungsschall>). Dabei möchten wir besonders den Workshop-Charakter betonen, d.h. nicht nur abgeschlossene, sondern gerade auch laufende Arbeiten sollen vorgetragen und intensiv diskutiert werden. Dazu wird herzlich eingeladen und wir freuen uns auf ihre Beiträge. ■

Manfred Kaltenbacher

Marc Schneider

Lars Enghardt

Fachausschuss Virtuelle Akustik



Vorsitzender:

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

Die FA-VA-Mitglieder haben zu den akustischen Herbstveranstaltungen durch Organisation strukturierter Sitzungen im Bereich der Arraytechnik, der akustischen Virtualisierung und ihrer Evaluierung beigetragen (6 ICA, 1 ISRA), und haben sich in die Diskussion im EAA TC on Audio Signal Processing über denkbare Beschreibungsdatenbanken oder Virtualisierungs-„Challenges“ konstruktiv eingebracht.

Darüber hinaus wurde der 3. Europäische 3D-Audioproduktionswettbewerb auf der ICSA in Ilmenau abgehalten, für den 15 internationale Jurymitglieder insgesamt 9 aus 33 internationalen Einreichungen selektiert und ausgezeichnet haben, siehe

<http://vdt-icsa.de/competition>. ■

Franz Zotter

■ Mitglieder / Fördermitglieder

Derzeit hat die Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V.

- 2.025 persönliche Mitglieder
- und 77 Fördermitglieder (Stand September 2019).

Über alle Leistungen und Angebote, die mit einer Mitgliedschaft verbunden sind, können sich interessierte Akustiker(innen) und Firmen auf <http://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
- BASF SE, Ludwigshafen
- Baswa AG, Baldegg (CH)
- Bayer Bauphysik Ingenieurgesellschaft mbH, Fellbach
- Bertrandt Technikum GmbH, Ehningen
- BeSB GmbH, Berlin
- Brose Fahrzeugteile GmbH, Oldenburg
- Brüel & Kjaer GmbH, Bremen
- CADFEM GmbH, Grafting
- CAE Software und Systems GmbH, Gütersloh
- Carcoustics TechConsult GmbH, Leverkusen
- Cervus Consult GmbH, Willich
- Cirrus Research plc Deutschland, Frankfurt/M.
- Comsol Multiphysics GmbH, Göttingen
- DataKustik GmbH, Gilching
- deBAKOM GmbH, Odenthal
- Ecophon Deutschland, Lübeck
- EM Plan, Neusäß
- ESI Engineering System International GmbH, Neu-Isenburg
- Gardner Denver Deutschland GmbH, Bad Neustadt/Saale
- 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
- 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
- Microflown Technologies BV, Arnhem (NL)
- Microtech Gefell GmbH, Gefell
- Möhler + Partner Ingenieure AG, München
- Molex CVS Bochum GmbH, Bochum
- Müller-BBM Gruppe, Planegg bei München
- Norsonic Tippkemper GmbH, Oelde-Stromberg
- Novicos GmbH, Hamburg
- NTi Audio GmbH, Essen
- Odeon A/S, Lyngby (DK)
- PCB Synotech GmbH, Hückelhoven
- Peiker acoustic GmbH, Friedrichsdorf
- P+Z Engineering GmbH, München
- 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
- 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
- soni.eK Planung Beratung SV-Büro, Bamberg
- 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
- Verlagsgesellschaft R. Müller GmbH & Co. KG, Köln
- Wölfel Gruppe, Höchberg
- WRD GmbH, Aurich
- Xarion Laser Acoustics GmbH, Wien (A)
- ZF Friedrichshafen AG, Friedrichshafen

Normen/Richtlinien

Neue Regelwerke zu den Themen Akustik und Lärminderung (Juni 2019 – Sept. 2019)

Bezeichnung	Titel	Preis*
Fachgebiet Bau- und Raumakustik		
DIN 8989	Schallschutz in Gebäuden – Aufzüge	96,00 €
E DIN EN 16205	Messung von Gehschall auf Fußböden im Prüfstand; Deutsche und Englische Fassung prEN 16205:2019	75,40 €
E DIN EN ISO 12999-2	Akustik – Bestimmung und Anwendung der Messunsicherheiten in der Bauakustik – Teil 2: Schalldämpfung (ISO/DIS 12999-2:2019); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 12999-2:2019	68,30 €
Fachgebiet Elektroakustik / Messgeräte		
DIN EN IEC 60268-4	Elektroakustische Geräte – Teil 4: Mikrofone (IEC 60268-4:2018); Deutsche Fassung EN IEC 60268-4:2018	158,30 €
E DIN EN IEC 60268-16	Elektroakustische Geräte – Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex (IEC 100/3202/CDV:2019); Deutsche und Englische Fassung prEN IEC 60268-16:2019	355,80 €
E VDI/VDE 2631 Blatt 11	Formmesstechnik – Spektralanalyse (Fourieranalyse, Harmonische Analyse) (Einspruchsfrist: 31.12.2019)	40,30 €
Fachgebiet Lärmschutz		
DIN EN ISO 17201-1	Akustik – Geräusche von Schießplätzen – Teil 1: Bestimmung des Mündungsknalls durch Messung (ISO 17201-1:2018); Deutsche Fassung EN ISO 17201-1:2018	125,30 €
DIN EN ISO 17201-3	Akustik – Geräusche von Schießplätzen – Teil 3: Berechnung der Schallausbreitung (ISO 17201-3:2019); Deutsche Fassung EN ISO 17201-3:2019	153,40 €
E DIN EN 17383	Lärmschutzvorrichtungen an Straßen – Nachhaltigkeitsbewertung – Deklaration der Leistungsindikatoren; Deutsche und Englische Fassung prEN 17383:2019	89,00 €
E DIN EN ISO 2922	Akustik – Messung des von Wasserfahrzeugen auf Binnengewässern und in Häfen abgestrahlten Luftschalls (ISO/DIS 2922:2019); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 2922:2019	82,60 €
Fachgebiet Maschinen- und Fahrzeugakustik		
DIN EN 12102-2	Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze, Wärmepumpen, Prozesskühler und Entfeuchter mit elektrisch angetriebenen Verdichtern – Bestimmung des Schallleistungspegels – Teil 2: Wärmepumpen-Wassererwärmer; Deutsche Fassung EN 12102-2:2019	108,80 €
DIN EN ISO 3740	Akustik – Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen – Leitlinien zur Anwendung der Grundnormen (ISO 3740:2019); Deutsche Fassung EN ISO 3740:2019	125,30 €
DIN ISO 15242-3	Wälzlager – Geräuschprüfung (Körperschallmessung) – Teil 3: Radial-Pendelrollenlager und Radial-Kegelrollenlager mit zylindrischer Bohrung und zylindrischer Mantelfläche (ISO 15242-3:2017)	61,70 €

Bezeichnung	Titel	Preis*
DIN ISO 15242-4	Wälzlager – Geräuschprüfung (Körperschallmessung) – Teil 4: Radial-Zylinderrollenlager mit zylindrischer Bohrung und zylindrischer Mantelfläche (ISO 15242-4:2017)	75,40 €
DIN ISO 21940-1	Mechanische Schwingungen – Auswuchten von Rotoren – Teil 1: Einführung (ISO 21940-1:2019)	108,80 €
DIN VDE 0119-207-12, VDE 0119-207-12	Zustand der Eisenbahnfahrzeuge – Leittechnik – Teil 207-12: Externe optische und akustische Warneinrichtungen an Eisenbahnfahrzeugen	Print: 30,94 €
E DIN EN 17391	Zerstörungsfreie Prüfung – Schallemissionsprüfung – Überwachung der Schallemission von metallischen Druckgeräten und -strukturen im Betrieb – Allgemeine Grundsätze; Deutsche und Englische Fassung prEN 17391:2019	114,10 €
E DIN EN IEC 60704-1	Elektrische Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke – Prüfvorschrift für die Bestimmung der Luftschallemission – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 59/693/CD:2018); Text Deutsch und Englisch (Einspruchsfrist: 30.10.2019)	130,80 €
E DIN EN ISO 11202/A1	Akustik – Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten – Bestimmung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Orten unter Anwendung angenäherter Umgebungskorrekturen (ISO 11202:2010/DAM 1:2019); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 11202:2010/prA1:2019	54,80 €
E DIN EN ISO 5135	Akustik – Bestimmung des Schallleistungspegels von Geräuschen von Luftdurchlässen, Volumendurchflussreglern, Drossel- und Absperrelementen durch Messungen im Hallraum (ISO/DIS 5135:2019); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 5135:2019	89,00 €
Fachgebiet Ultraschall / Hydroakustik		
E DIN EN IEC 60565-1	Wasserschall – Hydrophone – Kalibrierung von Hydrophonen – Teil 1: Verfahren für die Freifeldkalibrierung von Hydrophonen (IEC 87/708/CDV:2019); Deutsche und Englische Fassung prEN IEC 60565-1:2019	334,30 €
E DIN ISO 17208-2	Unterwasserakustik – Physikalische Größen und Verfahren zur Beschreibung und Messung des Wasserschalls von Schiffen – Teil 2: Bestimmung des Quellpegels aus Tiefwasser-Messungen (ISO/DIS 17208-2.2:2018); Text Deutsch und Englisch	89,00 €

*) Download

Bezug aller o.g. Regelwerke über den Beuth Verlag (<http://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 ⁶⁾) können bei der DEGA-Geschäftsstelle bestellt werden (Preise inkl. MwSt; zzgl. Versand; Zahlungsbedingungen siehe <https://www.dega-akustik.de/publikationen/tagungsbaende/zahlung>)

	Name	gedruckt	online
Zeitschrift	Akustik Journal (drei Ausgaben pro Jahr)	0 € ¹⁾	X
	Acta Acustica united with Acustica		X ²⁾
Tagungsbände	DAGA-Tagungsbände „Fortschritte der Akustik“ (1970–2019)		X ³⁾
	Proceedings ICA / INTER-NOISE		X ⁴⁾
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“		X
	Memorandum „Schallschutz im eigenen Wohnbereich“		X
	Memorandum zur Durchführung und Dokumentation von Audio-Produktionen für wissenschaftliche Anwendungen in der Akustik		X
Schriftenreihe „Geschichte der Akustik“	Heft 1: Von der Antike bis in das 20. Jahrhundert	10,- €	
	Heft 2: Akustisches Wissen auf den Transferwegen	10,- €	
	Heft 3: Preisträger europäischer Wissenschaftsakademien	10,- €	
	Heft 4: Sondhauß-Röhre, Seebeck-Sirene	15,- €	
	Heft 5: Von den Äolstönen bis zur Strouhal-Zahl	12,- € ⁵⁾	
	Heft 6: Von der Luftsirene bis zur russischen Aeroakustik	12,- € ⁵⁾	
	Heft 7: Lord Rayleigh, Sir Horace Lamb, Sir James Lighthill	10,- € ⁵⁾	
	Heft 8: Große Wissenschaftler mit Beiträgen zur Akustik	14,- € ⁵⁾	
	Heft 9: Kundt, Waetzmann, Schuster	12,- € ⁵⁾	
	Heft 10: Eberhard Zwicker, Lothar Cremer und Manfred Heckl	12,- € ⁵⁾	
	Heft 11: Erwin Meyer, Heinrich Barkhausen und Walter Reichardt	14,- € ⁵⁾	

	Name	gedruckt	online
Fachgebiet Lärm	Broschüre „Lärm im Alltag“		X
	ALD-Broschüre „Straßenverkehrslärm“	2,- €	X
	Hörbeispiele und Geräuschsituationen		X
	ALD-Broschüre „Energiewende und Lärmschutz“	2,- €	X
	ALD-Broschüre „TEchnologies of NOise Reduction (TENOR)“		X
	ALD-Broschüre „Schienenverkehrslärm – Ursachen, Wirkungen, Schutz“	2,- €	X
Fachgebiet Musikalische Akustik	Tagungsband (2015) „Musikalische Akustik zwischen Empirie und Theorie“		X
	Tagungsband (2013) „Nuancen in der musikalischen Akustik“		X
	Literaturdatensammlung Musikalische Akustik		X
Fachgebiet Lehre der Akustik	Dissertationsregister Akustik		X
	Studienführer „EAA Schola“		X
Fachgebiet Hörakustik	Kompodium zur Durchführung von Hörversuchen in Wissenschaft und industrieller Praxis (Entwurf)		X

¹⁾ für Mitglieder

²⁾ ohne Aufpreis für DEGA-Mitglieder

³⁾ die zugehörigen CD-/DVD-/Buchprodukte (sofern vorhanden) können weiterhin käuflich erworben werden

⁴⁾ Anleitung für den Zugang unter <https://www.dega-akustik.de/dega/aktuelles/ica-und-inter-noise/>

⁵⁾ Bestellungen ausschließlich online über <http://www.book-on-demand.de>

■ Neuerscheinungen

Geschichte der Akustik: Heft 10



Das zehnte Heft der DEGA-Schriftenreihe zur Geschichte der Akustik ist ab sofort erhältlich: **Eberhard Zwicker – Psychoakustik in München; Lothar Cremer und Manfred Heckl – Technische Akustik in Berlin**

In diesem Heft werden zwei bedeutende Zentren der Akustik in Deutschland im 20. Jahrhundert vorgestellt: Eberhard

Zwicker und die Psychoakustik an der TH/TU München sowie die Technische Akustik in Berlin, vertreten durch Lothar Cremer und Manfred Heckl.

Eberhard Zwicker hat an der TH Stuttgart Studium, Promotion und Habilitation absolviert (bei Prof. Richard Feldtkeller) und mit seiner Berufung an die TH München ab 1967 das Fachgebiet Psychoakustik zu einem erstklassigen Zentrum der Forschung und Lehre aufgebaut, er hat (in der Zusammenarbeit mit Ernst Terhardt und Hugo Fastl) „das Münchener Institut für Elektroakustik zu Weltruhm geführt und einen starken Einfluss auf die Entwicklung der Psychoakustik in Deutschland und weltweit ausgeübt (...)“ [B. Kollmeier]

Der zweite Teil dieses Heftes widmet sich der Technischen Akustik in Berlin, beginnend in den 1920er/1930er Jahren, verbunden mit Siemens, der TH Berlin-Charlottenburg und dem Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung. Nach dem Krieg wurde 1954 an der Technischen Universität Berlin das Institut für Technische Akustik gegründet, in dem Lothar Cremer als ordent-

licher Professor und dann später sein Nachfolger Manfred Heckl eine Glanzzeit der Technischen Akustik in Berlin einleiteten. „Von seiner Berufung 1954 bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1973 schuf Cremer aus dem Nichts das weltweit bekannte Institut für Technische Akustik der TU Berlin.“ [H. A. Müller] Aus beiden akustischen Zentren sind viele „Schüler“ hervorgegangen, die die Prinzipien ihrer wissenschaftlichen „Väter“ (Zwicker, Cremer, Heckl) an neuen universitären „Pflanzstätten“ realisierten [siehe Akustik Journal (2018) Heft 1, S. 31–49].

Schriftenreihe zur Geschichte der Akustik, Heft 10:

Peter Költzsch,

Eberhard Zwicker – Psychoakustik in München; Lothar Cremer und Manfred Heckl – Technische Akustik in Berlin,

212 Seiten mit 49 Abbildungen,

ISBN: 978-3-96409-189-5,

Preis 12,- €,

Bezug:

siehe <http://www.book-on-demand.de> ■

Geschichte der Akustik: Heft 11



Das elfte Heft der DEGA-Schriftenreihe zur Geschichte der Akustik ist ab sofort erhältlich: **Erwin Meyer – Akustik in Göttingen; Heinrich Barkhausen und**

Walter Reichardt – Akustik in Dresden

Heft 11 widmet sich zwei weiteren Hochburgen der Akustik in Deutschland, und zwar an der Universität Göttingen mit Erwin Meyer und an der TH/TU Dresden mit Heinrich Barkhausen und Walter Reichardt. In beiden Zentren wurde das Fachgebiet der Akustik aufgebaut und in Forschung und Lehre exzellent betrieben.

Erwin Meyer war einer der vielseitigsten Akustiker Deutschlands, ein Schwingungsphysiker par excellence, der in starkem Maße durch die Experimentalphysik geprägt war. Viele seiner Schüler haben später Lehrstühle für Akustik/Physik an deutschen Hochschulen und Universitäten übernommen.

An der TH/TU Dresden hat sich die Akustik im Schwachstrominstitut von Heinrich Barkhausen in den 1920er Jahren entwickelt, charakterisiert durch Barkhausens ersten Schallpegelmesser

(„Phonometer“) und das Phon. Nach ersten Ansätzen zur technischen Akustik in den 1930/1940er Jahren gab es ab 1950 durch die Berufung von Walter Reichardt eine stürmische Entwicklung der Elektro-, Raum- und Bauakustik, der Lärmbekämpfung und vor allem auch der Hörakustik.

Der Wirkungszeitraum von Walter Reichardt (und seinen Schülern) ist in ganz entscheidendem Maße durch die gesellschaftlichen und politischen Umstände in der DDR beeinflusst worden. Die Aussagen und das Verhalten von Wolfgang Kraak und Arno Lenk sind beeindruckende Erlebnisse für die „Schüler“ gewesen, wie man „auch in schwierigen Zeiten ein anständiger Mensch bleiben kann, mit aufrechter Gang und eigenständigen Konfliktbewältigungsstrategien, die zu vertretbaren Gewissensentscheidungen führen“. Und: „Es ist für Außenstehende, die nicht in der

damaligen Zeit, unter den damaligen Bedingungen gelebt haben, schwer zu verstehen, wie Versachlichung von Arbeit Widerstand sein konnte. (...)“

Schriftenreihe zur Geschichte der Akustik, Heft 11:

Peter Költzsch,

Erwin Meyer – Akustik in Göttingen;

Heinrich Barkhausen und Walter Reichardt – Akustik in Dresden,

275 Seiten mit 68 Abbildungen,

ISBN: 978-3-96409-190-1,

Preis 14,- €,

Bezug:

siehe <http://www.book-on-demand.de> ■

■ Buchrezension

Heinz-Martin Fischer, Martin Schneider
„Handbuch zu DIN 4109 – Schallschutz
im Hochbau“

808 Seiten,

ISBN 978-3-433-01835-4

Verlag: Beuth / Ernst & Sohn

Preis: 108,00 €



Passend zur Neufassung der Norm DIN 4109 – Schallschutz im Hochbau ist das Handbuch zu DIN 4109 – Schallschutz im Hochbau erschienen. Der Verlag kann sich glücklich schätzen – er hätte keine geeigneteren Autoren gewinnen können. Beide verfügen aufgrund ihrer Tätigkeiten, unter anderem an der Hochschule Stuttgart, über jahrzehntelange Erfahrung in der Bauakustik und dem Schallschutz. Sie haben die Neufas-

sung der DIN 4109 in den unterschiedlichen Ausschüssen eng und in federführender Funktion begleitet.

Neben der Kommentierung der DIN 4109 geht das Handbuch detailliert auf die physikalischen Zusammenhänge ein. Dies erklärt den Umfang von über 800 Seiten, welche mit dem gebündelten Wissen der Autoren gefüllt sind.

Bemerkenswert am Abschnitt zu den Anforderungen ist, dass hier nicht nur eine technische Darlegung der Anforderungen präsentiert ist, sondern im besten Sinne eines Nachschlagewerkes auch die Hintergründe und zeitlichen Entwicklungen im Detail erläutert werden. Das ist insbesondere bei der Deutung und Interpretation der Anforderungen äußerst hilfreich. Die Autoren schrecken nicht davor zurück, die aus ihrer Sicht unbefriedigenden Regelungen und deren Hintergründe klar zu benennen. Der Anwender der Norm findet hier die Informationen, welche ihm bei Auslegungsfragen Unterstützung bieten können.

Die weiteren Abschnitte zu dem Nachweisverfahren, den Bauteilkatalogen und dem messtechnischen Nachweis erläutern in einer fundierten und angemessenen Weise deren Hintergründe und Grundlagen, wobei auf alle relevanten Bauweisen und deren Einfluss auf den Schallschutz eingegangen wird. Dabei orientiert sich das Handbuch an der Struktur der Norm, so dass der Leser schnell fündig wird.

Die Fortschreibung der Rechenverfahren durch Anwendung neuer Ansätze auf Grundlage einheitlicher europäischer Ansätze wurde in der Fachwelt durchaus kontrovers diskutiert und kritisch beäugt. Die Praxis zeigt aber, dass es dem Anwender durch die zur Verfügung stehende und zeitgemäße Berechnungssoftware erstaunlich leicht gemacht wird. Diese Tools erlauben ein rasches Berechnen und Ausprobieren unterschiedlicher Konstruktionen für den baulichen Schallschutz. Im Prinzip ist genau das Gegenteil dessen eingetreten, was zunächst von Kritikern befürchtet wurde. Allerdings besteht die Gefahr, dass der Anwender aufgrund der Einfachheit in der Anwendung das Verständnis für die physikalischen Zu-

sammenhänge verliert. Um dem entgegenzuwirken, ist die Lektüre des neuen Handbuchs Pflicht, denn es erläutert wichtige Zusammenhänge, die dem Anwender der Norm bekannt sein müssen. Das neu erschienene Handbuch stellt das Nachschlagewerk dar, welches die Entstehung der DIN 4109 in ihrer aktuellen Fassung nachvollziehbar erläutert und umfassend dokumentiert. Mit entsprechender Vorkenntnis der Thematik wird zur Vertiefung ein Praxishandbuch mit Lehrbuchcharakter zur Verfügung gestellt. Damit ist das neue Handbuch eine Pflichtlektüre für alle diejenigen, die einen Einstieg in eine intensivere Auseinandersetzung mit dem Schallschutz im Hochbau suchen. Es zeigt darüber hinaus wichtige Ansatzpunkte für die Weiterentwicklung der Regelungen rund um den baulichen Schallschutz. ■

Andreas Meier

Müller-BBM GmbH, Planegg

Impressum

Akustik Journal Nr. 03 / Oktober 2019

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

Redaktionsbeirat

Prof. Dr.-Ing. habil. Ercan Altinsoy

Dr. rer. nat. Judit Angster

Prof. Dr.-Ing. habil Stefan Becker

Prof. Dr. phil. André Fiebig

Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Kletsch-
kowski

ao. Univ.-Prof. Dr. med. Peter Lercher

Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra

Redaktionsassistentz

Dipl.-Ing. Evelin Baumer

Dr.-Ing. Martin Klemenz

Anzeigen

Dr.-Ing. Martin Klemenz

E-Mail: dega@dega-akustik.de

Layout und Satz

Dipl.-Ing. Evelin Baumer

E-Mail: ebaumer@dega-akustik.de

Gestaltungskonzept

Heilmeyer und Sernau Gestaltung

Web: www.heilmeyerundserneu.com/

Druck

Laserline GmbH

Web: www.laser-line.de

Bildnachweise

S. 1 – Titelseite: © Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Stuttgart; S. 3 – Editorial © Universitätsmedizin Magdeburg / Melitta Dybiona; S. 5 – Aktuelles: DAGA 2020, Logo © Ina Platte, inani-design.de; S. 5 – Aktuelles: ICA 2019 / EAA Euroregion, Logo © Ina Platte, inani-design.de; S. 5 – Aktuelles: Geschichte der Akustik © siehe Bildnachweise in Heft 10 und 11 – Geschichte der Akustik; S. 5 – Aktuelles: International Year of Sound, Logo © mit freundlicher Genehmigung der International Commission for Acoustics (ICA); S. 38 – Ehrungen der DEGA: Preisträgerin © Sabine Schmidt, das design plus, Aachen, Copyright DEGA e.V.; S. 40 – Veranstaltungen: ALD-Veranstaltung „Lärmaktionsplanung – 3. Stufe“, Logo © Ulrike Schütz, Berlin, Copyright DEGA e.V.; S. 40 – Veranstaltungen: ALD-Veranstaltung „Innenstadtverdichtung – Bedeutung für Lebensqualität und Gesundheit“, Logo © A.F.X. Süß, Berlin, Copyright DEGA e.V.; S. 42 – Veranstaltungen: DAGA 2020, Logo © Ina Platte, inani-design.de; S. 43 – Veranstaltungen: DAGA 2020, Welfenschloss, Hauptgebäude der LUH © Heike Köhn; S. 44 – Veranstaltungen: ICA 2019 / EAA Euroregion, Logo © Ina Platte, inani-design.de; S. 44 – Veranstaltungen: ICA 2019 / EAA Euroregion, Plenarvortrag © Sabine Schmidt, das design plus, Aachen, Copyright DEGA e.V.; S. 44 – Veranstaltungen: ICA 2019 / EAA Euroregion, Publikum © Sabine Schmidt, das design plus, Aachen, Copyright DEGA e.V.; S. 48 – DEGA: Fachausschuss Elektroakustik © U.P.images / fotolia.com; S. 49 – DEGA: Fachausschuss Lärm: Wirkungen und Schutz © A.F.X. Süß, Berlin, Copyright DEGA e.V.; S. 49 – DEGA: Fachausschuss Physikalische Akustik © SAM, TU Darmstadt; S. 50 – DEGA: Fachausschuss Strömungsakustik © Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik, Braunschweig; S. 50 – DEGA: Fachausschuss Virtuelle Akustik © Franz Zotter, Graz; S. 56 – Publikationen: Geschichte der Akustik © siehe Bildnachweise in Heft 10 und 11 – Geschichte der Akustik; S. 57 – Publikationen: Handbuch zu DIN 4109 – Schallschutz im Hochbau © mit freundlicher Genehmigung der Beuth Verlag GmbH, Berlin



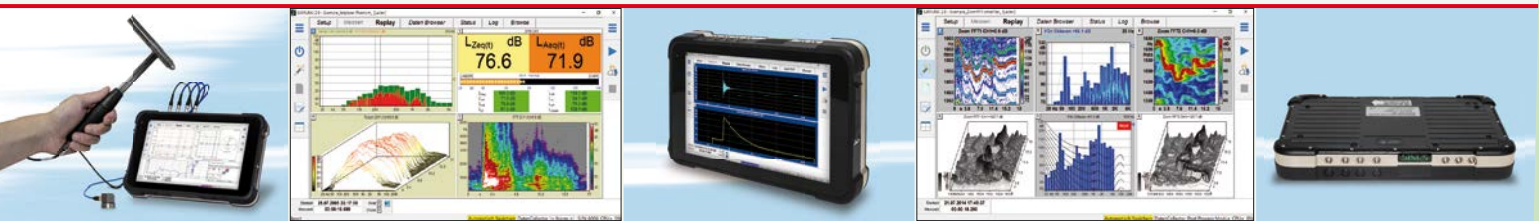
SQuadriga III

Psychoakustische Analysen für unterwegs

Wirkung von Schall auf den Menschen einfach und überall analysieren. Das binaurale Aufnahme- und Wiedergabesystem bedienen Sie intuitiv über den Touchscreen.

**Jetzt bestellen zum attraktiven
Einführungspreis mit SAMURAI 3.0**

SINUS
Messtechnik GmbH



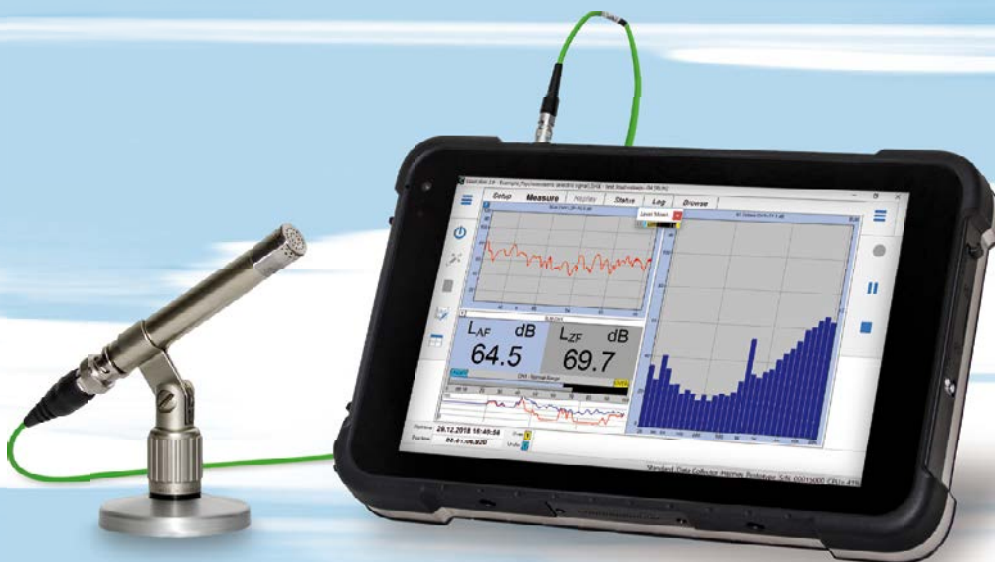
NEU: NoisePAD™

NoisePAD ist ein eingetragenes Warenzeichen der SINUS Messtechnik GmbH

NoisePAD ist unser innovativer 4-Kanal Schallpegelmesser / Echtzeit-Analysator für Akustik und Vibration. Die Kombination aus robustem 8" Tablet-PC (IP67) und Analysator erfüllt die MIL 810. Die neue Tablet-Version der Software **SAMURAI™ 3.0 Acoustic Bundle** bietet je Kanal:

- Signalrecorder: Audioaufzeichnung DC ... 20 kHz
- Schallpegelmesser: Klasse 1 nach IEC 61672 und Messung der Nachhallzeiten
- Frequenzanalysator: 1/1 und 1/3 Oktaven nach IEC 61260 und FFT-Analysator

Für die Schwingungsmessung bieten wir alternativ das neue SAMURAI 3.0 Vibro Bundle.



SAMURAI Optionen:

- Building Acoustics
- Building Vibration
- Data Collector
- Easy Listening
- Envelope Analysis
- Fractional Octaves
- Human Vibration
- Multi Generator
- NoiseCam Video
- Order Tracking
- Post Processing
- Room Acoustics
- Sound Intensity
- TCP/IP Interface
- Tonality
- Transfer FRF
- Vibration Meter
- Virtual Tacho
- Weather Station
- Zoom FFT ...

Technische Spezifikation

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

Kontakt

SINUS Messtechnik GmbH

Föpplstrasse 13
04347 Leipzig

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

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